UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

BENEFÍCIOS DA MODELAGEM DE UM EDIFÍCIO POR MEIO DA PLATAFORMA BIM – VALIDAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE UM PROJETO 2D

César Augusto Gastaldon Rios
Cláudio Lustosa Bucar Filho
Lucas Novato Abreu

GOIÂNIA
JUNHO 2015

César Augusto Gastaldon Rios
Cláudio Lustosa Bucar Filho
Lucas Novato Abreu

BENEFÍCIOS DA MODELAGEM DE UM EDIFÍCIO POR MEIO DA PLATAFORMA BIM – VALIDAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE UM PROJETO 2D

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof.ª. Dra. Maria Carolina Brandstetter

GOIÂNIA
2015

César Augusto Gastaldon Rios
Cláudio Lustosa Bucar Filho
Lucas Novato Abreu

BENEFÍCIOS DA MODELAGEM DE UM EDIFÍCIO POR MEIO DA PLATAFORMA BIM – VALIDAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE UM PROJETO 2D

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof.ª. Dra. Maria Carolina Brandstetter

Aprovada em 02 / 07 / 2015

Prof.ª. Dra. Maria Carolina Brandstetter (Presidente)
Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos (Examinador)
Universidade Federal de Goiás

Engenheiro Jorge Luiz Rodrigues da Silva (Examinador)

Atesto que as revisões solicitadas foram realizadas:

Orientador

RESUMO

A busca constante por melhoras está ligada ao ser humano, onde por anos vem se desenvolvendo cada dia mais tecnologia, novas ferramentas, máquinas mais eficazes, carros mais potentes, entre outros. Uma das ferramentas do projetista, é o *software* com que o mesmo produz seus projetos, e nessa área, a melhoria vem apresentando-se com a plataforma BIM. Portanto buscamos mostrar nesse trabalho os benefícios da modelagem de um edifício, mostrando as incompatibilidades e interferências nos projetos arquitetônico, hidro-sanitário e estrutural. Para alcançar o objetivo, foi escolhido um projeto para estudo, modelou-se o mesmo no *software Revit*, para posterior análise das interferências encontradas, as quais foram quantificadas a cerca da influência gerada pela modelagem. Ao final do estudo foi possível notar que projetar na plataforma BIM apresenta facilidades incidentes diretamente no projeto, auxiliando o projetista a desenvolver a melhor solução possível, pois ao mesmo tempo que estaria projetando, ele estaria realizando uma construção virtual do empreendimento onde os problemas que seriam encontrados pelos executores, são encontrados ainda na fase de projeto, não eliminando, portanto, os conhecimentos do projetista.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Processo de projeto. Fonte Romano (2006) 15
Figura 2.2 - Organograma dos modelos de gestão tradicional e colaborativo. Fonte: ARAÚJO *et al* (2008) 16
Figura 2.3 - Capacidade de uma etapa influenciar no custo final do empreendimento. Fonte: Ávila (2011) 19
Figura 2.4 - Grau de satisfação de empreendedores com a implantação da plataforma BIM. Fonte: Young Jr. *et al* (2009) 24
Figura 2.5: Conceitos de construtibilidade. Fonte: Zucchetti (2010) 26
Figura 2.6: Etapas seguidas para realização do projeto. 27
Figura 4.1 - Estágio da obra em dezembro de 2014. 33
Figura 4.2 - Maquete eletrônica do estudo de caso 34
Figura 4.3 - Planta de arquitetura do Pavimento Tipo 35
Figura 4.4 - Arquitetura do Apartamento Tipo 36
Figura 4.5 - Planta do Térreo 37
Figura 4.6 - Curvas de níveis do terreno. 38
Figura 4.7 - Forma das cortinas do edifício 4 39
Figura 4.8 - Forma das cortinas do edifício 3 39
Figura 4.9 - Detalhe da cortina 40
Figura 4.10 - Detalhe do pavimento térreo com desvios de tubulações enterradas sem caixa de inspeção 41
Figura 4.11 - Desvios a 90º em tubulações de esgoto 41
Figura 4.12 - Desvios a 90º em tubulações de esgoto 42
Figura 4.13 - Ventilação no mesmo nível da tubulação de esgoto 43
Figura 4.14 - Detalhe da tubulação de ventilação 43
Figura 4.15 - Vista do arranjo da tubulação com o ramal de ventilação projetado conforme pede a norma aplicável 44
Figura 4.16 - Detalhe das prumadas de água pluvial que recebem água das sacadas (AP-C e AP-D) e da cobertura (AP-3 e AP-4) 45
Figura 4.17 - Detalhe da finalização na cobertura da prumada que recebe água pluvial da cobertura 45
Figura 4.18 –Vista tridimensional da finalização da prumada que recebe água pluvial da cobertura 46
Figura 4.19 - Detalhe de tubulação de esgoto sem informação acerca de sua sobreposição 46
Figura 4.20 - Detalhe de tubulação de saneamento 47
Figura 4.21 - Parte da planta apresentando tubulação com informações completas e incompletas sobre sua altura 47
Figura 4.22 - Parte do projeto mostrando tubulação sem informação acerca da sobreposição 48
Figura 4.23 - Arranjo de tubulações sanitárias 48
Figura 4.24 - Vista mostrando a ligação da tubulação da pia ao tubo de queda, e definição errada da altura da conexão do subcoletor ao tubo de queda 49
Figura 4.25 - Detalhe diferente da ligação da pia com o tubo de queda 49
Figura 4.26 - Vista tridimensional da ligação da tubulação de esgoto da pia com o tubo de queda 50
Figura 4.27 - Tubulações sem indicação de corte na viga-cortina 51

Figura 4.28 - Tubulação de esgoto passando pela viga cortina 52
Figura 4.29 – Planta da forma do térreo com pilar T1 52
Figura 4.30 - Planta arquitetônica sem o pilar T1 53
Figura 4.31 - Pilar mostrado no projeto estrutural que não aparece no arquitetônico 53
Figura 4.32 - Planta de forma da tampa do reservatório com indicação de abertura 54
Figura 4.33 - Projeto hidráulico do barrilete onde há vazio no projeto estrutural 54
Figura 4.34 - Visualização da cobertura contemplando o vazio do reservatório 55
Figura 4.35 - Projeto sanitário mostrando blocos com dimensões diferentes do projeto de fundação 56
Figura 4.36 - Projeto de fundação com as dimensões corretas dos blocos 56
Figura 4.37 - Projeto sanitário mostrando posicionamento diferente da churrasqueira 57
Figura 4.38 - Projeto arquitetônico mostrando posicionamento da churrasqueira diferente do utilizado pelo projeto sanitário 57
Figura 4.39 - Planta de forma com viga baldrame saindo da extremidade esquerda do pilar.. 58
Figura 4.40 - Planta arquitetônica com parede saindo da extremidade direita do pilar 58
Figura 4.41 - Modelagem mostrando parede não apoiada na viga baldrame 58
Figura 4.42 - Planta de forma com viga baldrame deslocada 5cm da extremidade esquerda do pilar 59
Figura 4.43 - Planta arquitetônica com parede rente a extremidade esquerda do pilar 59
Figura 4.44 - Modelagem com parede posicionada deslocada da viga baldrame 59
Figura 4.45 - Detalhe da interferência da tubulação da VRP com a tubulação de alimentação 60
Figura 4.46 - Desvio de tubulação necessário para execução da mesma 60
Figura 4.47 - Tubulações ocupando o mesmo espaço na planta 61
Figura 4.48 - Vista que não soluciona a interferência entre as tubulações, visto que ambas saem na mesma altura 61
Figura 4.49 - Vista das saídas de água fria 62
Figura 4.50 - Isométrico 3D das saídas de água fria 62
Figura 4.51 - Detalhe das saídas de água fria 63
Figura 4.52 - Tubulação da VRP intercepta a tubulação de recalque 63
Figura 4.53 - Detalhe mostra que a tubulação de alimentação do 6° pavimento para baixo e da tubulação de recalque estão no mesmo local 64
Figura 4.54 - Detalhe da tubulação de alimentação dos pavimentos inferiores ao 7º 64
Figura 4.55 - Prumadas de alimentação dos apartamentos. A da esquerda alimenta do 15º pavimento abaixo, e a da direita o 16º e 17º 65
Figura 4.56 - Tubulação de alimentação dos dois últimos pavimentos 65
Figura 4.57 - Tubulação de água fria que alimenta os banheiros, destacando região de interferência com a tubulação de esgoto da máquina de lavar roupas 66
Figura 4.58 - Tubulação de esgoto destacando região de interferência com a alimentação 66
Figura 4.59 - Detalhe do encontro das tubulações de água fria que alimenta o banheiro com o do esgoto do pavimento inferior 66
Figura 4.60 - Detalhe da tubulação de água fria entrando no pilar 67
Figura 4.61 - Vista da tubulação da pia que passa por dentro do pilar 67
Figura 4.62 - Vista lateral da tubulação com solução adotada pelo modelador 67
Figura 4.63 – Planta do barrilete com destaque para fechamento da ventilação 68
Figura 4.64 - Vista da ventilação 68
Figura 4.65 - Indicação da posição da tubulação de água fria que intercepta a de ventilação. 69
Figura 4.66 - Vista da tubulação de ventilação (na cor branco) e de água fria (na cor marrom) na cobertura 69
Figura 4.67 - Caixa de gordura posicionada em cima da viga 70

Figura 4.68 - Saídas das bacias sanitárias e caixa sifonada posicionada no mesmo local que a viga baldrame 70
Figura 4.69 - Planta de forma com enfoque na viga VH1 que gerou interferência com a saída da bacia sanitária..... 71
Figura 4.70 - Modelagem da caixa sifonada projetada em cima da viga baldrame 71
Figura 4.71 - Vista das caixas de gordurae sifonada conflitantes com viga baldrame com solução adotada pelo modelador..... 72
Figura 4.72 - (a) Posição da tubulação de recalque. (b) Posição da tubulação de esgoto..... 73
Figura 4.73 - Tubulações de água e de esgoto com solução adotada para a incompatibilidade 74
Figura 4.74 - Tubulação de água pluvial posicionada sobre a viga baldrame 75
Figura 4.75 - Forma das vigas baldrames com destaque para a viga com interferência 75
Figura 4.76 - Vista da interferência dos condutores verticais de água pluvial com as vigas baldrames 75
Figura 4.77 - Sistema de ventilação obedecendo a norma e contrário ao projeto. 76
Figura 4.78 - Abaixo da pia foi necessário um enchimento para colocar a tubulação de água fria que no projeto passava dentro do pilar 77
Figura 4.79 - Solução adotada em obra para tubulações que saem do hidrômetro e abastecem os apartamentos 77
Figura 4.80 - Encontro de duas tubulações em um mesmo ponto levando a um aumento da declividade em uma delas 78
Figura 4.81 – Tubulação temporária para lavagem dos apartamentos. Vista lateral da tubulação. 79
Figura 4.82 - Tubulação temporária para lavagem do apartamento. Vista frontal da tubulação. 79
Figura 4.83 - Foto da válvula redutora de pressão..... 80
Figura 4.84 - Foto mostrando a medição da profundidade da parede (22cm) 81
Figura 4.85 - Detalhe com enfoque na espessura da parede 81
Figura 4.86 - Desvio a 90º em tubulações de esgoto 82
Figura 4.87 - Tubulações com curva a 90º..... 82
Figura 4.88 - Arranjo executado da tubulação de esgoto..... 83
Figura 4.89 - Vazio do reservatório não detectado pelo projeto hidráulico..... 83
Figura 4.90 - Solução adotada em obra para interferência entre água fria e esgoto..... 84
Figura 4.91 - *Printscreen* com diferentes visualizações 85
Figura 4.92 - *Printscreen* com abas em diferentes ambientes..... 86
Figura 4.93 - Interação do sistema sanitário com estrutural 86
Figura 4.94 - Detalhe do sistema sanitário de um banheiro no primeiro pavimento..... 87
Figura 4.95 - Diferente vista do sistema sanitário de um banheiro no primeiro pavimento. ... 87
Figura 4.96 - Vista do sistema hidrossanitário do banheiro tipo. 88
Figura 4.97 - Exemplos de produtos da Tigre disponíveis em famílias..... 89
Figura 4.98 - Aviso gerado quando há necessidade de desconectar elementos 89
Figura 4.99 - Elementos desconectados..... 90
Figura 4.100 - Inclinação desconFigurada devido a inserção de redução excêntrica..... 90
Figura 4.101 - Caixa de diálogo mostrando erro 91
Figura 4.102 - Caixa de diálogo mostrando aviso 91
Figura 4.103 – Gráfico do resumo dos problemas encontrados por categoria de falhas 92
Figura 4.104 – Gráfico da influência da visualização pelo uso do software Revit 93
Figura 4.105 – Gráfico do resumo das soluções encontradas em obra..... 94

SUMÁRIO

RESUMO 3
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO 9
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA 9
1.2 OBJETIVO 12
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO 12
1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO 12
CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14
2.1 PROCESSO E GESTÃO DE PROJETOS 14
2.2 INCOMPATIBILIZAÇÕES 18
2.3 PLATAFORMA COMPUTACIONAL BIM 21
2.3.1 Construtibilidade Virtual 25
CAPÍTULO 3 MÉTODO DE PESQUISA 27
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA 27
3.2 ETAPAS DA PESQUISA 28
3.2.1 Revisão bibliográfica 28
3.2.2 Escolha do estudo de caso 28
3.2.3 Modelagem em 3D 29
3.2.4 Classificação dos problemas encontrados 29
3.2.5 Soluções adotadas em obra 30
3.2.6 Benefícios e dificuldades encontrados 30
3.2.7 Análise dos dados 31
CAPÍTULO 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 32
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUTORA 32
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO 32
4.3 APRESENTAÇÃO DOS DADOS 40
4.3.1 Itens fora de norma 40
4.3.2 Falta de informações nos projetos 44
4.3.3 Discrepâncias entre os desenhos 52
4.3.4 Interferências de projeto 60
4.4 SOLUÇÕES ADOTADAS EM OBRA 76
4.5 BENEFÍCIOS E DIFICULDADES 84
4.5.1 Benefícios 84
4.5.2 Dificuldades encontradas durante a Modelagem 88
4.6 ANÁLISE GERAL DOS DADOS 91

CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES 95
REFERÊNCIAS 97

CAPÍTULO 1
INTRODUÇÃO

Este capítulo visa contextualizar e justificar o tema, explicitar os objetivos a serem alcançados no desenvolver do trabalho e discorrer sobre a estrutura do mesmo.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Com a necessidade de se ter cada vez mais empreendimentos lucrativos e ambientalmente sustentáveis, cresce em grande proporção a luta pela diminuição das perdas nos canteiros de obra, diminuindo assim a quantidade de entulho e a probabilidade de que o custo da obra seja mais alto do que o orçado.

Formoso *et al* (1997, p. 1) definem as perdas como:

> "Qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Neste caso, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor."

Segundo Formoso *et al* (1997), a maioria das perdas são causadas por erro relacionado ao projeto, execução e materiais utilizados. Os problemas relacionados ao último são, principalmente, a utilização de materiais com qualidade abaixo da necessária exigida pelo empreendimento, atrasos na entrega pelos fornecedores, entrega da quantidade errada, estoques em condições ineficientes e transportes problemáticos. Buscando a eliminação das perdas especificadas o papel da executora é de vital importância, através da verificação da qualidade e da constante qualificação do fornecedor, a padronização da metodologia de recebimento e armazenamento dos insumos, bem como a aplicação do melhor layout para o canteiro.

Ao se tratar da execução, os principais problemas são provenientes da inabilidade do operário na leitura e execução do projeto, descaso do mesmo com o material, com serviços acabados e falta de otimização do tempo. Novamente a construtora empenha uma função fundamental tendo como ferramentas o treinamento efetivo dos funcionários, incentivos salariais e melhorias do ambiente de trabalho. Os projetistas também têm um papel redutor nessas perdas, através de projetos com o máximo de detalhamento possível, sendo essa, segundo Ávila (2011), a causa de grande parte das patologias apresentadas na edificação.

A fase de projetos também pode ser responsável por alta parcela das perdas. Segundo Gnipper (2010) os problemas que estão intrínsecos a esta etapa são as incompatibilidades entre o projeto principal e os complementares, difícil execução, fora das normas que abrangem o tema, a não conformidade com a política de execução da empresa, utilização de programas ineficientes e inabilidade na utilização de programas competentes disponíveis no mercado além da análise incoerente dos resultados gerados pelo mesmo.

Na busca pela melhoria na qualidade construtiva das edificações, a compatibilização pode ser vista como uma possibilidade de redução dos custos do empreendimento (FERREIRA, 2007; NASCIMENTO, 2013). Segundo Mikaldo (2006) essa etapa evita os retrabalhos no canteiro de obras, o desperdício de materiais, o tempo de espera e proporciona uma solução integrada entre os projetos.

A compatibilização de projetos sempre foi realizada em um plano de duas dimensões. Com o avanço da tecnologia, ferramentas de projetos começaram a ofertar uma visualização em três dimensões, que segundo Ávila (2011), oferecem uma visão mais complexa dos sistemas do edifício e suas interferências, obtendo uma redução máxima dos possíveis problemas que surgiriam durante a construção do empreendimento. Nesse contexto, a plataforma *Building Information Model* (BIM) ganha espaço ao auxiliar nesse processo, obrigando a padronização de informações, terminologias e a integração dos softwares utilizados por cada especialidade.

Para a diminuição das perdas ocasionadas por erros em projeto, citadas anteriormente, a ação corretiva deve ter enfoque na integração entre os projetos, no maior conhecimento dos projetistas sobre as normas vigentes, novas tecnologias e sobre o

processo produtivo. O *feedback* por parte da construtora em referência à qualidade e facilidade de execução do projeto também é de extrema importância. Outros pontos muito relevantes são a quantidade das especificações e detalhamentos mais completos. Com o objetivo de atuar nessas ações mitigadoras, Eastman *et al* (2014) afirmam que a plataforma *Building Information Model* (BIM) vem ganhando espaço na construção civil.

Segundo a definição de M. A. Mortenson Company em Eastman *et al* (2014) a plataforma BIM pode ser definida como "uma simulação inteligente da arquitetura", na qual permite a implementação integrada de diversos projetos apresentando como características ser digital, espacial (3D), mensurável, abrangente, acessível e durável. Essas informações geradas visam fornecer uma análise da obra, detalhamento para construção, estimativa de custos, cronograma, sustentabilidade e manutenção. Juncheng (2013) adiciona que BIM é a representação digital das características físicas e funcionais de um empreendimento, criando um conhecimento compartilhado de informações sobre tais características, formando uma base para decisões durante o ciclo de vida do empreendimento em questão, desde sua concepção até sua demolição.

Projetar na plataforma BIM traz diversos benefícios, dentre eles alguns minimizam parte dos problemas gerados na fase de projeto. Segundo Eastman *et al* (2014) tem-se a integração entre múltiplas disciplinas de projetos atuando concomitantemente em um único ambiente de modelagem, o que proporciona a detecção de interferências antecipadamente, e assim, reduz significativamente, o processo de compatibilização dos projetos. Mesmo que alguns problemas não sejam detectados ou alguma mudança seja requerida durante a etapa de construção, o sistema BIM oferece uma reação rápida à essa situação.

Desta forma, este trabalho busca mostrar os pontos positivos e negativos da plataforma BIM através da modelagem de um estudo de caso real, utilizando o programa Revit[1], descrevendo as incompatibilidades encontradas bem como as facilidades e dificuldades na utilização do programa.

[1] Software de projeto de construção desenvolvido pela AutoDesk especificamente para a Modelagem de Informação da Construção (BIM). É um aplicativo individual que inclui recursos para projeto de arquitetura, de construção e de engenharia estrutural e MEP.

1.2 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é mostrar os benefícios do uso da modelagem por meio da plataforma BIM, buscando ilustrar e expor as incompatibilidades e conflitos existentes entre o sistema hidrossanitário, estrutural e arquitetônico.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 é apresentada a contextualização do trabalho, a justificativa do estudo, o objetivo a ser alcançado, a estrutura e as delimitações do trabalho.

No capítulo 2 é feito um levantamento do material utilizado para estudo do tema proposto, de forma a mostrar a importância do projeto na obra, as dificuldades e a metodologia utilizada para gerenciar os diversos projetos que uma obra apresenta e os problemas que são encontrados e devem ser sanados nessa etapa. Ao final da revisão, é feito um estudo sobre a plataforma BIM, o tema principal de estudo, mostrando os benefícios que a mesma traz para o gerenciamento dos projetos e para a construção em si.

No capítulo 3, discorre-se sobre as etapas da pesquisa, onde é apresentada a escolha do estudo de caso, o motivo da utilização do *software* Revit e as etapas da pesquisa envolvendo a descrição dos dados e as análises que foram realizadas.

No capítulo 4 é apresentada a construtora, caracterizada a obra do estudo de caso, elencados os resultados da modelagem BIM, exibidas algumas soluções adotadas em obra e relatados os benefícios e dificuldades encontradas no uso do Revit.

O capítulo 5 apresenta as principais conclusões obtidas pela pesquisa e sugestões para futuros trabalhos.

1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

As seguintes delimitações em termos de metodologia foram consideradas para a realização do presente trabalho:

- As análises apresentadas no trabalho são referentes somente à visualização 3D da plataforma BIM.

- As falhas de projeto identificadas na modelagem do edifício do estudo de caso foram observadas em campo, durante a execução da obra, para verificação das soluções realizadas *in loco*. Ressalta-se que a identificação das soluções se limitou à etapa em que a obra se encontrava na época da coleta dos dados. Algumas soluções tomadas não estavam mais acessíveis enquanto outras ainda não haviam sido executadas.
- Não faz parte do escopo deste trabalho a análise da gravidade da consequência das falhas de projeto identificadas durante a modelagem.

CAPÍTULO 2
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo abordam-se temas que contribuem como base teórica para o estudo que será realizado. Discorre-se sobre a definição de projeto, projeto simultâneo, gestão de projetos e a plataforma BIM, principal objeto de estudo, bem como a importância de cada tema abordado no contexto da obra.

2.1 PROCESSO E GESTÃO DE PROJETOS

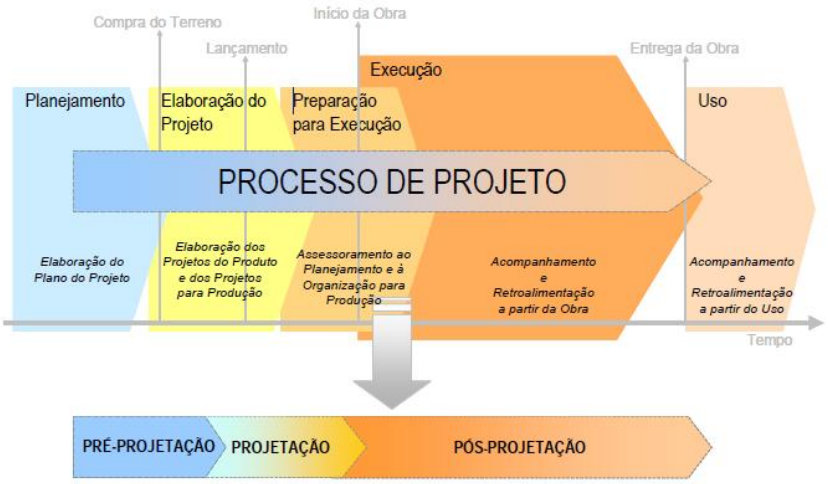
De acordo com Marques (2014, p. 20) o projeto na construção civil é "uma simulação da realidade que será executada". O "Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos", divulgado pela Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projetos – AGESC (2011), complementa essa definição geral, ao afirmar que o processo de projeto é dividido nas seguintes fases:

- Fase 1: Concepção do produto;
- Fase 2: Definição do produto;
- Fase 3: Identificação e Solução de interfaces de projeto;
- Fase 4: Detalhamento de projeto;
- Fase 5: Pós-entrega de projetos;
- Fase 6: Pós-entrega da obra.

Os projetos devem visar principalmente a ampliação de sua qualidade, aumentar a sua construtibilidade, facilitar a implantação de novas tecnologias e métodos no processo construtivo e, se possível, promovera redução dos prazos globais de execução (FABRICIO; MELHADO, 2003).

Desse modo, o processo de projeto deve permear todo o processo construtivo da edificação, começando pelo planejamento, passando pela elaboração dos projetos do produto e dos projetos executivos, pela preparação para execução, pela execução e concluindo-se no uso, conforme ilustrado na Figura 2.1 (ROMANO, 2006).

Figura 2.1 - Processo de projeto. Fonte Romano (2006)



Mesmo que o processo seja linear, e cada projetista, em sua respectiva fase, adicione sua contribuição para o todo, este é multidisciplinar, o que ocasiona em complexas interações entre as equipes que se entrelaçam nessa linha, e gera um fluxo de dados e documentos que precisam de gerência, para que as fases sejam transpostas e o processo siga seu fluxo normal. A gerência é a coordenação de todas as atividades envolvidas no processo, existindo momentos de análise crítica e confirmação das soluções e respeitando as individualidades de cada participante. Além disso, consideram-se todos os aspectos legais e normativos de cada situação para conseguir estabelecer uma estratégia para o desenvolvimento do projeto (BELLAN, 2009).

Andery[2] *et al* (2000 *apud* Fabricio, 2002) realçam problemas que ocorrem durante o projeto: parte das necessidades do cliente é perdida ao longo do processo; os projetos são incompletos, gerando improvisações em obra; projetos não são claros e existência das incompatibilidades entre os mesmos, prejudicando o andamento e qualidade do produto.

O processo de projeto iterativo e muitas vezes com condições do cliente, de tempo e legislação muito rigorosas também torna o processo altamente complexo. Deste modo, a ação mais cômoda para as construtoras é a de contratar projetistas terceirizados e

[2] ANDERY, P. R. P.; VANNI, C.; BORGES, G. Failure analysis applied to design optimization. In: Annual Conference of International Group for Lean Construction, 8, 2000, Brighton. **Proceedings**... Brighton: IGLC, 2000.

deixar que os mesmos tomem as ações necessárias para o fluxo de informações entre si (FABRICIO, 2002).

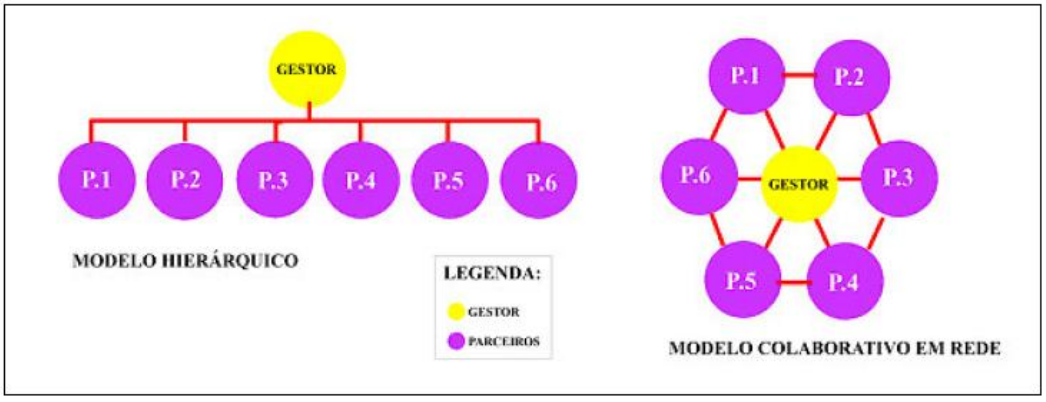
Assim, fica evidente a necessidade de se proceder ações de gerência e coordenação de projeto, presente na Figura do coordenador, que é definido como:

> "O Coordenador de projetos é o profissional que deve ser capaz de relacionar não só os projetos entre si (compatibilizando-os), mas também o projeto com a obra, de forma que ele possa promover a otimização da execução, construtibilidade e aumento da produtividade (PICORAL, 2002, p. 1501)."

As tarefas do coordenador de obra, segundo Melhado (2001), são as de coordenar a equipe de projetistas e consultores de todas as etapas do projeto, dar assistência ao empreendedor em relação às decisões técnicas do empreendimento, controlar os custos do projeto e, por último, o relacionamento com a execução da obra.

De acordo com Araújo *et al* (2008), o processo de gestão tem dois modelos (Figura 2.2): o tradicional, que é hierárquico, centralizado, com baixa interação e troca de informações entre os projetistas e o colaborativo, em que se desenvolve um processo de corresponsabilidade na participação de projeto. Sendo assim o gestor não tem mais o papel hierárquico de transmitir as informações entre os projetistas e sim de estimular a interação entre os mesmos e de assegurar que a informação chegue corretamente a todos.

Figura 2.2 - Organograma dos modelos de gestão tradicional e colaborativo. Fonte: ARAÚJO *et al* (2008)



Aliada ao modelo de gestão colaborativa a engenharia simultânea se destaca na melhoria da qualidade da gestão e do projeto em si. O processo de projeto baseado na engenharia simultânea, e batizado como projeto simultâneo pode ser definido como:

> "O desenvolvimento integrado das diferentes dimensões do empreendimento, envolvendo a formulação conjunta da operação imobiliária, do programa de necessidades, da concepção arquitetônica e tecnológica do edifício e do projeto para produção, realizado através da colaboração entre o agente promotor, a construtora e os projetistas considerando as funções de subempreiteiros e fornecedores de materiais, de forma a orientar o projeto à qualidade ao longo do ciclo de produção e uso do empreendimento (FABRICIO; MELHADO, 2003)."

Fabrício e Melhado (2003) ainda estipulam o projeto simultâneo como sendo a união entre as seguintes interfaces: primeiro com o mercado e o usuário, onde se analisa as necessidades do consumidor; segundo entre as diversas especialidades do projeto, de maneira que haja uma troca de dados e mediação dos conflitos entre os projetistas e, por último, com a produção, em que haja discussão sobre a construtibilidade de cada fase da obra tentando prever os percalços e dando soluções para o mesmo já na fase de projeto.

Para implantação dessa filosofia de projeto simultâneo, Fabrício e Melhado (2003) consideram os seguintes elementos como principais: integração precoce entre os projetistas e agentes do empreendimento, valorização do papel que o projeto tem na construção, mudança cultural no que concerne as parcerias entre os projetistas valorizando essa relação, reorganização do processo de projeto de maneira que os projetos sejam realizados simultaneamente e emprego, durante a gestão, de novas tecnologias.

Visando explicitar essa teoria, Araújo *et al* (2008) apresentam um estudo de caso sobre a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), mais precisamente a Gestão Eletrônica de Documentos (GED) no processo de gestão e produção de projetos. Com esse estudo, os autores citam como vantagens a eliminação de agentes intermediários no fluxo de informações, a evolução do processo de compatibilização, o aumento da comunicação e utilização de bancos de dados únicos onde as informações são acessadas e controladas pelo gestor.

Porém, alguns pontos do GED apresentam falhas. Araújo *et al* (2008) destacam a necessidade de se aprimorar a compreensão da comunicação pela interface gráfica, pois não há a possibilidade de enviar vários arquivos simultaneamente. Adicionalmente, realçam a impossibilidade de visualização simultânea dos diversos projetos, a ineficácia na geração de

relatórios a partir da base central de dados e, finalmente, a impossibilidade de geração de gráficos de controle das várias fases da obra.

2.2 INCOMPATIBILIZAÇÕES

Compatibilidade é uma característica do projeto que apresenta garantia de que seus componentes não ocupem espaços conflitantes entre si e que os dados compartilhados apresentem confiabilidade e consistência até o final da obra. Ou seja, não há interferência dos elementos estruturais com os hidráulicos, ou entre os elementos arquitetônicos e elétricos, ou entre eles de uma maneira geral, e os dados fornecidos por cada projetista durante um estudo preliminar devem ser os mesmos adotados no projeto executivo (GRAZIANO, 2003).

Para Nascimento (2013) o processo de compatibilização traz grandes benefícios para as empresas de construção civil. Os responsáveis por esse complexo processo devem ter conhecimento da execução das etapas, e, para um maior proveito, deve haver integração entre os profissionais envolvidos no processo, desde o estudo preliminar dos projetos, e os engenheiros responsáveis pela execução da obra.

Técnicas simples e menos onerosas de compatibilização geram um resultado satisfatório na redução de custos, pois eliminam uma considerável parte de retrabalhos, o que gera custos com material e mão de obra, além dos custos com atrasos no cronograma, que apresentam uma considerável redução com as mais simples compatibilizações realizadas (NASCIMENTO, 2013).

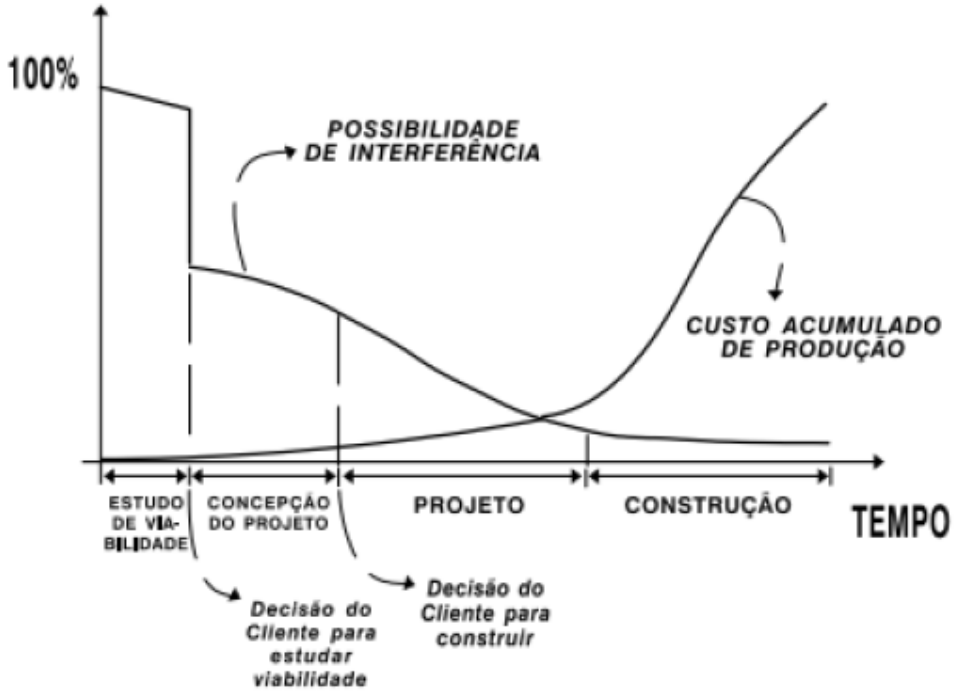
Mikaldo (2006) também afirma que o processo de compatibilização pode reduzir o custo do empreendimento, se embasando no fato de que o mesmo elimina ou adequa as interferências encontradas entre os projetos. Dessa maneira, evitam-se retrabalhos, desperdício de materiais, tempo de espera, além de proporcionar soluções integradas. Afirma ainda que a compatibilização utilizando ferramentas em três dimensões aumenta o número de detecção de interferências, pois muitas delas não são identificadas pelo método tradicional (duas dimensões – 2D).

Já Ávila (2011) afirma que se deve dedicar especial atenção à etapa do projeto, devido à grande influência que a mesma exerce sobre o empreendimento, enfatizando que, quanto maior o tempo que se dedica a essa fase menores serão as falhas ou retrabalhos. Além de que grande

parte das patologias advém de falhas na concepção do edifício, de projetos falhos, incompletos ou mal elaborados. Ávila (2011) mostra a possibilidade de interferência do projeto no custo final do empreendimento, mostrando assim a importância de se dedicar à fase de projeto e concepção (Figura 2.3).

Ávila (2011) defende ainda a idéia de que as verificações de incompatibilidades devem ser feitas ao longo de todo o processo de concepção do edifício, em que as questões dos projetos complementares devem ser incorporadas desde o estudo preliminar da arquitetura. Dessa maneira as questões estratégicas seriam tomadas nas fases iniciais, onde se tem menor custo.

Figura 2.3 - Capacidade de uma etapa influenciar no custo final do empreendimento. Fonte: Ávila (2011)



Algumas dificuldades em relação ao processo de compatibilização foram elencadas por Graziano (2003) e envolvem o agente responsável.Tem-se, por responsabilidade do cliente:

- Postergação de decisões que influem no desenvolvimento dos projetos;
- Fornecimento de dados incorretos ou incompletos como base para o desenvolvimento dos projetos;
- Falta de elemento capacitado para análise técnica dos diversos projetos e tomadas de decisão.

Por responsabilidade do projetista:

- Desinteresses e ignorância sobre os demais projetos (suas fases e necessidades);
- Descomprometimento com a interação;
- Falta de normalização na troca de informações entre projetistas (documentação sem padronização; arquivos eletrônicos);
- Pouco conhecimento das técnicas executivas de obra.

E exemplos atuais:

- Deficiência no levantamento topográfico (efeito saia justa);
- Indefinição dos elementos de compartimentização (paredes, revestimentos);
- Perda da compatibilidade por postergação de definições (contrapiso, furações, shafts, entre outros);
- Planejamento tardio do canteiro (guinchos, gruas, velox, administração, entre outros).

Ao se tratar dos problemas da fase de projeto, Sousa (2010) discorre sobre o processo de compatibilização dos mesmos, e cita quatro fatores que dificultam essa atividade. O primeiro consta da superposição das plantas em 2D, cuja interface não facilita a visualização das interferências, somente as mais evidentes. O segundo fator está no tipo de contratação dos projetistas, visto que fazem utilização de diferentes softwares e diversas linguagens e métodos, como o 2D e o 3D. O terceiro fator, também citado por Ávila (2001), se baseia nas diferentes padronizações gráficas utilizadas, onde cada programa utiliza determinado tipo de linha, ou cor, para representar seus componentes, conflitando com o padrão de outro software. Outro fator que pode acarretar maiores incompatibilidades consiste das mudanças solicitadas pelo cliente durante a execução da obra.

Além das diferenças entre os projetistas, a visualização dos projetos em plano 2D é uma forma limitada de realizar a compatibilização, pois mesmo tendo sido eficaz, Ávila (2011) defende uma evolução para uma forma mais sistêmica de verificação das não-conformidades. As ferramentas 3D oferecem uma possível visão mais complexa dos sistemas do edifício e suas interferências, levando a uma redução máxima dos possíveis problemas que surgiriam durante a execução do empreendimento. Ávila (2011) cita a plataforma BIM, a qual "obrigaria a

padronização de informações, terminologias e a integração dos softwares utilizados por cada especialidade".

Mikaldo (2006) já havia confirmado o benefício da compatibilização com ferramentas 3D e que esse modelo apresenta mais vantagens do que o modelo 2D. Porém, necessita-se de projetistas capacitados para trabalharem com softwares que geram modelos 3D e aptos para a integração com os demais projetos.

2.3 PLATAFORMA COMPUTACIONAL BIM

Young Jr. *et al* (2009) definem a plataforma BIM como o processo de criação e utilização de modelos digitais para projeto, construção e/ou operações de projeto. ou, como Birx (2006) defende, trata-se do processo de compartilhar informações de construção por meio de um banco de dados reconhecido como modelo. As definições apresentadas mostram a aplicação do uso da plataforma *Building Information Modelling* (BIM), apresentando a mesma não somente como uma representação eletrônica de documentos em papel (BIRX, 2006). A digitalização no mundo atual faz-se quase necessária para poder promover a praticidade e maior agilidade quando no ramo da construção civil.

Segundo Souza (2010), a plataforma BIM utiliza de objetos com atributos para a criação de elementos de construção, tais como lajes, pilares, coberturas, janelas, conexões, entre outros. Destes, cada um deles se equivale a um elemento de construção com comportamento definido e atributos relacionados ao mesmo. Ainda segundo Souza (2010), por não trabalhar com uma representação do edifício, mas sim com seu modelo real, pode-se expandir as características exploradas nesta plataforma, explorando-se aspectos como animações e cenas da realidade virtual, volume de massa de construção, controle de custos etc.

Crespo e Ruschel (2007) complementam a definição de BIM ao mensurar elementos CAD-BIM como objetos digitais que descrevem e representam os componentes reais de um edifício, apresentando dimensões como comprimento, altura e largura e, principalmente, atributos parametrizáveis, dentre os quais, finalidade, materiais, fabricante, especificações e preço.

Diversos são os benefícios apresentados quando na integração da tecnologia na Engenharia Civil, mas dentre eles, destaca-se a melhoria da produtividade. Becerik-Gerber e Rice (2010) destacaram a plataforma BIM como uma possível forma de ajudar a indústria da

construção a melhorar sua produtividade. Young Jr. *et al* (2009) destacam ainda a melhoria na comunicação e na qualidade do controle.

Além dos benefícios apresentados, o uso da plataforma serve como base para detecção de erros em projeto, principalmente as incompatibilidades quando na comparação entre dois projetos distintos, embora estudos baseados em erros de projeto sejam raros como comentado por Lee, Park e Won (2012). Souza (2010) defende que o BIM pode ser usado ainda como meio de eliminação de erros, pois os aspectos construtivos são, em sua totalidade, modelados em 3D, e, consequentemente, indentifica-se os conflitos geométricos entre elementos da edificação, além das áreas que não possuem todas suas informações detalhadas.

Como forma de comprovar a eficácia do uso da plataforma para encontrar erros, Lee, Park e Won (2012) apresentaram um estudo de caso de um empreendimento – "D³ City Project", localizado na Coréia do Sul, onde foram analisados diversos tipos de erros sendo todos categorizados entre: (1) não racionalidade nos projetos, (2) discrepâncias entre os desenhos e (3) itens faltosos. Com os resultados obtidos, além da comparação entre a detecção de incompatibilidades usando-se BIM ou na ausência do mesmo, pôde-se analisar os impactos econômicos entre os erros apresentados.

Já a melhoria da produtividade é obtida diretamente da maior interação entre os diferentes tipos de serviço em execução no canteiro de obras. Como já mencionado, as observações quanto às incompatibilidades previstas nas fases iniciais de projeto são responsáveis por eliminar as perdas, sejam elas relativas aos materiais ou mesmo ao tempo dispendido na observação das mesmas em projetos convencionais. A interoperabilidade, portanto, faz com que os riscos de produção e execução sejam drasticamente reduzidos e garanta, assim, um melhor desenvolvimento das etapas no canteiro de obras. Scheer *et al* (2007) viabilizaram um estudo de caso concluindo que a melhoria na produtividade CAD-BIM está ligada aos recursos de modelagem tridimensional, que possibilitam a automática visualização de plantas, elevações, cortes e, principalmente, o modelo 3D.

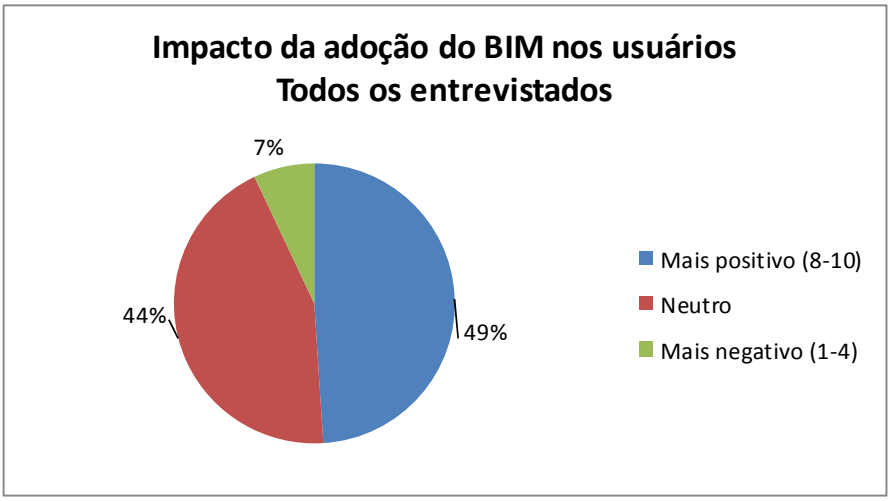
Sanguinetti *et al* (2011) defendiam que as diversas análises e avaliações de propostas de projeto, quando criadas separadamente umas das outras, demandavam tempo e reduziam os benefícios de projeto do BIM, dentre as quais, destaca-se, a habilidade de utilizar análises e programas de avaliação durante o projeto. Resumidamente, o autor defendia que a dinamicidade entre os projetos manteria o principal benefício do mesmo, que é a integração entre os diferentes

sistemas existentes em uma obra. Tal teoria foi ainda confirmada por Young Jr. *et al* (2009) quando afirmaram que há melhor comunicação entre as partes, devido à visualização 3D.

Quando apresentados os resultados da análise do estudo de caso de Lee, Park e Won (2012), observou-se a coerência entre o que foi apresentado e o que é evidenciado em campo. Nos projetos analisados do empreendimento "D³ City Project", foram constatados 709 erros de projeto, dos quais 54,42% foram erros de projeto na área estrutural, 33,82% no plano arquitetônico e 11,76% nas áreas elétrica e hidrossanitária. Mais especificamente, as discrepâncias entre os desenhos arquitetônico e estrutural contabilizaram 96,65% de todas as discrepâncias entre desenhos. Entre os fatores de não cumprimento dos itens, 77,72% foram encontrados nos desenhos estruturais, dentre os quais não cumprimento de planejamento, números de identificação e detalhes não marcados foram os erros mais comuns. Lee, Park e Won (2012) ainda quantificaram os dados de acordo com as probabilidades de os erros serem identificados ou não, obtendo-se os seguintes resultados: 52,61% dos erros possuíam 75% de chance de serem identificados; 32,02% possuíam 50% de chance de serem identificados, e 15,37% tinham menos de 25% de chance de serem identificados. Diversos outros números foram explorados na pesquisa abrangendo o que fora relacionado aos projetos arquitetônico, estrutural, hidráulico/elétrico e mecânico.

Confirmados os dados, mostra-se que a plataforma BIM é realmente benéfica para a área da construção civil, por conseguir abranger distintas áreas de forma dinâmica e ainda por garantir facilidade na visualização 3D, possibilitando o conhecimento de erros e incompatibilidades que possivelmente não seriam identificadas em projetos padrões. Como Zhenzhong *et al* (2008) afirmavam, o BIM é utilizado para evitar a perda das informações de construção entre si, garantindo tal fator com a digitalização das mesmas. Em estudo feito por Young Jr. *et al* (2009), em abordagem com distintas empresas de construção e seus gerenciadores, aproximadamente 50% dos entrevistados consideraram positiva a adoção do BIM em suas empresas, como mostrado na Figura 2.4.

Figura 2.4 - Grau de satisfação de empreendedores com a implantação da plataforma BIM. Fonte: Young Jr. *et al* (2009)



As limitações do uso da plataforma são devidas, basicamente, à falta de treinamento das empresas no gerenciamento ou mesmo no manuseio das atividades ali desempenhadas. Becerik-Gerber e Rice (2010) afirmam que apesar da longevidade do produto no mercado, o mesmo não foi completamente inserido no ramo da construção, justamente devido às dificuldades apresentadas pelos usuários, quando em sua utilização. Young Jr. *et al* (2009) defendem que a falta de treinamento adequado e da Figura de um gerenciador para manuseio do objeto em questão, dadas suas interoperabilidades, seriam suficientes para que o uso do mesmo fosse abrangido no cenário nacional e internacional e, consequentemente, todas as outras dimensões fossem exploradas garantindo ainda maior eficácia em relação ao planejamento, sustentabilidade, orçamento e outras áreas que podem ser abordadas com o BIM.

No cenário nacional, Scheer *et al* (2007) defendiam a interoperabilidade do uso da plataforma como um de seus benefícios. Além de criar maquetes eletrônicas e agilizar o processo de produção de documentações projetuais, a verificação das inadequações e incompatibilidades no exato momento de uso dos projetos cria a possibilidade de tomada de decisão instantânea em todas as etapas constituintes do projeto. Scheer *et al* (2007) afirmavam ainda que a unificação de dados para todos os conteúdos e o acesso conjunto dos diversos setores possibilitaria a agilização das atualizações e modificações existentes, visto que estas propagariam-se automaticamente a quem obtivesse este acesso.

A integridade do uso da plataforma é abordada ainda por Crespo e Ruschel (2007) ao constatar que um repositório de informações padronizadas assegura a coordenação das

informações dos modelos e estas vão sendo acrescentadas pelos integrantes responsáveis pelo desenvolvimento do produto. Desta forma, as alterações são armazenadas e as novas versões dos projetos são atualizadas automaticamente. A plataforma BIM faz uso, portanto, do Sistema CSCW (*Computer Supported Collaborative Work*) mencionado por Coelho e Novaes (2008), um tipo de sistema colaborativo utilizado para combinar distintas tecnologias criando uma interface entre duas ou mais pessoas, proporcionando-lhes participação no processo criativo, como afirmado também porWilkinson[3] (2005 *apud* COELHO; NOVAES, 2008).

Já em relação ao sistema Revit, Crespo e Ruschel (2007) afirmam que o mesmo possui famílias de objetos de construção. Deste modo, neste tipo de programa, podem ser utilizadas distintas classificações como parede interna ou externa, dentre outros tipos. Somente os valores dos elementos selecionados podem ser alterados, visto que as propriedades paramétricas dos mesmos são fixas.Além disso, Coelho e Novaes (2008) afirmam que o sistema Revit utiliza o recurso do *Worksharing*, permitindo o acesso de diversas áreas a um modelo do edifício, modelo esse compartilhado entre diversos usuários. O exposto acima garante a interoperabilidade do *software* Revit.

A diferença na quantidade de estudos de caso com o uso da ferramenta, especialmente do software Revit, faz com que o cenário nacional se apresente relativamente atrasado quando comparado com os estudos realizados no âmbito internacional. O estudo aqui realizado, portanto, buscará confirmar a relação da visualização 3D no BIM com possíveis incompatibilidades encontradas em sistemas convencionais.

2.3.1 Construtibilidade Virtual

Wong *et al* [4] (2006 apud ZUCCHETTI, 2010, p. 34), afirma que a construtibilidade é definida como: “o grau em que o projeto pode auxiliar quanto à utilização eficiente dos recursos de construção, tornando-a mais fácil e segura e buscando atender aos requisitos dos clientes.” Desta forma, a construtibilidade é essencial na construção civil pois visa obter o máximo de aproveitamento quando da utilização dos recursos disponíveis para construção.

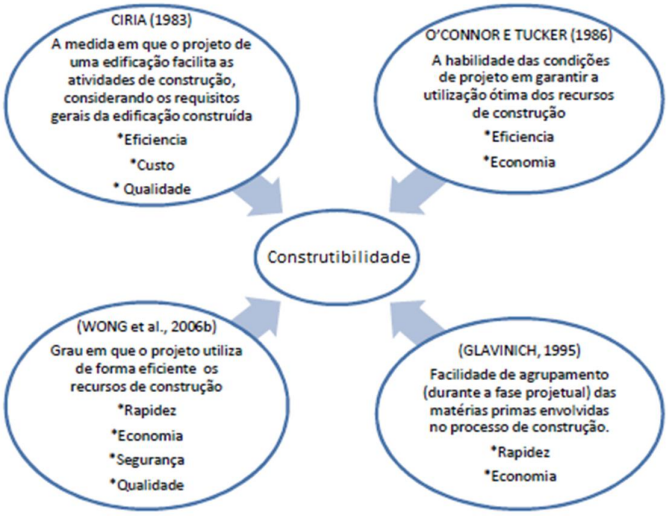
[3] WILKINSON, P. **Construction collaboration technologies: the extranet evolution**. New York: Taylor & Francis, 2005.
[4] WONG, F.W.H., LAM, P.T.I., CHAN, E.H.W., WONG, K.W. Factors affecting buildability of building designs. **Canadian Journal of Civil Engineering**, V.33, P.795-806, 2006.

A plataforma BIM, contemplada por distintos *softwares*, também se apresenta eficiente no quesito apresentado. Andrade e Ruschel (2011) afirmam que para se consolidar o BIM deve-se haver o desenvolvimento de tecnologias de modelagem paramétrica e interoperabilidade, e é aproveitando-se dessa interoperabilidade e da comunicação entre diferentes setores que se buscará obter o aproveitamento máximo do que for disponibilizado para construir.

Desta forma, Wong (2008), através de um estudo de caso realizado com um modelo de servidor que abrange o trabalho simultâneo, em um mesmo projeto, por equipes em diferentes países, confirmou que foram possíveis as trocas de informações da geometria do modelo de empreendimento estudado e também das análises de custos e construtibilidade, sendo possível tomar decisões a respeito do uso de materiais sustentáveis buscando reduzir os custos relacionados àquele empreendimento.

Os diferentes conceitos de construtibilidade são ilustrados na Figura 2.5.

Figura 2.5: Conceitos de construtibilidade. Fonte: Zucchetti (2010)



A Figura 2.5 ilustra diferentes autores convergindo para um mesmo conceito de construtibilidade, sendo essa a principal característica que garante rapidez e economia quando na construção de um empreendimento.

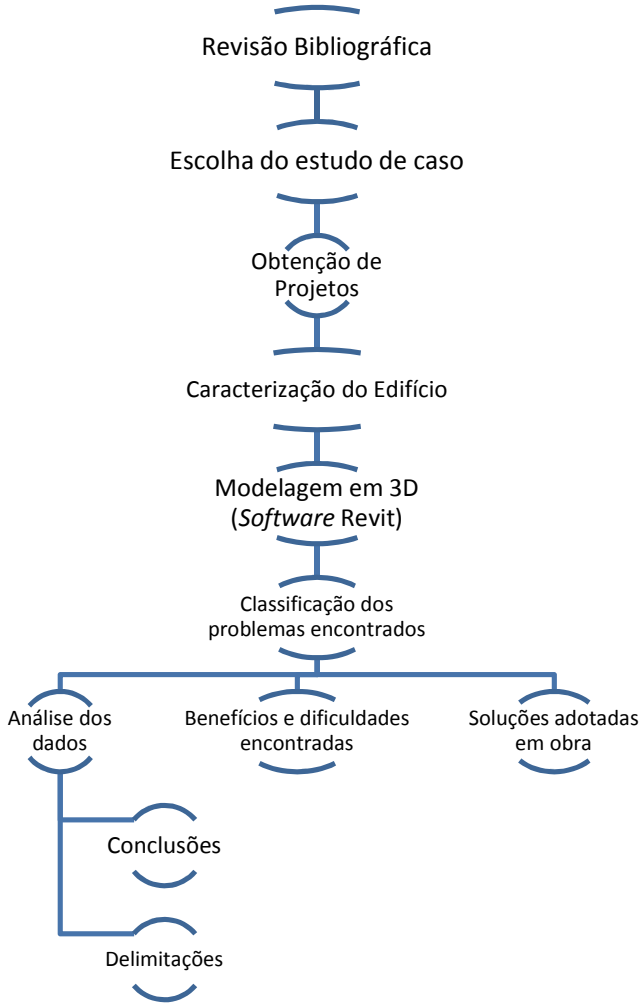
CAPÍTULO 3
MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo é abordada a metodologia usada para alcançar os objetivos do trabalho. Discorre-se sobre os estudos realizados, a escolha do estudo de caso, o estudo do *software* Revit e a análise das falhas geradas durante a modelagem BIM.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A Figura 2.6 a seguir contém o fluxograma apresentando as etapas da pesquisa.

Figura 2.6: Etapas seguidas para realização do projeto.



3.2 ETAPAS DA PESQUISA

As etapas seguidas para elaboração do projeto serão abordadas nos tópicos a seguir.

3.2.1 Revisão bibliográfica

Primeiramente, foi feita uma revisão bibliográfica acerca dos principais temas que seriam abordadas no trabalho. Portanto, buscou-se aprofundar os conhecimentos necessários e que serviram de suporte para o embasamento teórico do que é a Plataforma BIM, e de que forma ela estaria relacionada ao Processo de projetos, bem como a Gestão desses mesmos projetos. O tema relacionado a Incompatibilizações e algumas dificuldades encontradas para a realização dessa etapa em projeto também foi abordado.

O foco principal da revisão bibliográfica foi, portanto, buscar relacionar os três temas apresentados, e mostrar de que forma eles se convergeriam de modo a poder elencar os benefícios do uso do BIM na modelagem de um edifício previamente projetado em 2D, buscando expor as incompatibilidades entre os projetos obtidos do empreendimento.

3.2.2 Escolha do estudo de caso

Após a revisão bibliográfica, foi necessário escolher qual edifício poderia servir de base para elaboração do trabalho. Essa escolha levou em conta três fatores, sendo que um deles foi a facilidade de obtenção e acesso aos projetos (arquitetônico, hidrossanitário e estrutural) sendo este o principal. O segundo fator é o que os projetos contratados pela construtora são totalmente em 2D, não utilizando a plataforma ainda. O último fator, foi a possibilidade de se visitar a obra quando a mesma ainda estava em execução. Isso foi fundamental para que pudessem ser vistas as soluções adotadas para os problemas encontrados na modelagem, e para verificar também se essas seguiam o que pedia o projeto ou estavam em desconformidade com o mesmo.

No momento posterior à escolha do estudo de caso, foi feita a caracterização da construtora responsável por ceder os projetos e, principalmente, do empreendimento a ser estudado. Buscou-se detalhar as principais características do mesmo, dentre as quais: relevo do terreno, tipos de planta que os edifícios apresentavam, quantidade de apartamentos, entre outras.

3.2.3 Modelagem em 3D

A modelagem consiste na representação do objeto de estudo em um abiente virtual. Desta forma, para que pudesse ser realizada, foi utilizado o *software* Revit, que é tido com um dos componentes da plataforma BIM. A escolha do programa foi feita com base na facilidade do acesso para uso, devido sua familiaridade com o AutoCAD que já era conhecido dos pesquisadores, e de sua gratuidade para estudantes. Além disso, foi observada existência de cursos destinados ao uso do programa, tanto *online* quanto presenciais na região.

Como os integrantes do grupo não possuíam experiência em relação a utilização do Revit, anteriormente ao início da modelagem, foi necessário a realização de um dos cursos para que se pudesse aprender os comandos básicos e obter certa convivência com o que o programa oferece a seus usuários. O curso foi presencial e realizado em Brasília, e foi destinado exclusivamente à modelagem de empreendimentos na área arquitetônica, sem haver, portanto, um aprofundamento da modelagem na área hidrossanitária. O aprendizado da parte hidrossanitária foi feito por meio de vídeo aulas disponíveis na Internet.

A modelagem da parte arquitetônica e estrutural foi realizada no empreendimento inteiro, mas como a parte privativa de todas as torres são iguais, e somente a área comum tinha projetos diferentes, a modelagem do MEP só foi realizada na Torre 4 assim os tipos de problemas encontrados em projeto desta torre certamente estariam presentes também nas outras três que compunham o empreendimento.

3.2.4 Classificação dos problemas encontrados

Após a conclusão dos modelos virtuais no Revit, pode-se diferenciar os problemas encontrados a partir de uma classificação baseada no que foi apresentado na literatura utilizada. Nesse contexto, os autores principais para essa classificação foram Lee, Park e Won (2012), visto que o estudo de caso por eles realizado abordou alguns dos problemas que foram aqui elencados.

Os problemas encontrados foram organizados de acordo com a semelhança do problema, e apenas um de cada foi classificado conforme a seguir:

- Itens fora de norma: os projetos obtidos foram estudados e analisados quanto à obediência às normas hidrossanitárias. Desta forma, qualquer discordância com a normatização foi ressaltada e considerada na posterior quantificação dos problemas que os projetos e modelos apresentavam.

- Falta de informações nos projetos: essa classificação refere-se basicamente ao que o projeto não apresentava referente a determinado setor, sendo necessária, portanto a adoção de alguma medida no momento da execução. Trata-se então da não representação completa, no projeto, do que deveria ser contruído em obra.
- Discrepâncias entre os desenhos: o termo refere-se à mesmos elementos representados diferentemente em distintos projetos. Desta forma, esses elementos poderiam gerar dúvidas quanto à sua real execução em obra.
- Interferências de projeto: as interferências referem-se basicamente aos erros encontrados em projeto em que dois elementos ocupam o mesmo lugar no espaço.

Após classificação dos problemas encontrados na Torre 4, os mesmos foram quantificados, de maneira a poder gerar uma análise desses dados ao final do trabalho e se chegar a algumas conclusões a respeito do uso da plataforma BIM quando no seu uso para modelagem de projetos, principalmente no quesito de identificação de falhas de projeto.

3.2.5 Soluções adotadas em obra

A etapa aqui apresentada foi possível somente após a visita realizada na obra para detectar e registrar por fotografias quais soluções foram implementadas nas regiões de problemas encontradas na modelagem. Portanto, foi necessário o término da modelagem com o *software* Revit para que se pudesse classificar os problemas encontrados nos modelos virtuais criados e, finalmente, fosse analisada a solução adotada *in loco* nas regiões de interferência.

Essas soluções foram analisadas de acordo com o tempo em que se encontrava a obra. Ou seja, o que foi levantado no trabalho refere-se somente aos problemas e suas soluções encontradas quando na época da visita, não se tendo acesso, portanto, às soluções que já haviam sido sanadas e estavam inacessíveis ou às futuras soluções referentes a elementos que ainda não haviam sido construídos.

3.2.6 Benefícios e dificuldades encontrados

O fim da modelagem também possibilitou uma apresentação a respeito dos principais benefícios e das dificuldades apresentadas durante o uso do *software* Revit. Esse posicionamento a respeito das dificuldades e benefícios durante a modelagem, se diz respeito a somente a experiência do modelador e como era a primeira vez que o mesmo estava realizando

este processo, pode ser que tenha formas de realizar o mesmo e que não passe por tantos problemas. Ambas foram elencadas de acordo com a influência gerada na produtividade, qualidade e facilidade em se realizar o modelo.

3.2.7 Análise dos dados

A parte final do projeto consiste justamente na análise dos dados classificados e quantificados previamente com a modelagem do estudo de caso. Desta forma, após a verificação dos problemas, pôde-se analisá-los de acordo com as características a seguir:

- Quantificação dos problemas listados na pesquisa, visto que problema semelhantes só foram citados uma vez;
- Análise do impacto da modelagem sobre a identificação dos problemas;
- Análise dos problemas que puderam ser verificados em obra, separando-se entre aqueles em que foi dada uma solução diferente do projeto e aqueles em que foi mantida a solução definida em projeto.

Essa análise foi responsável por definir as principais conclusões a respeito da temática abordada. Então, buscou-se analisar quais os impactos do uso da plataforma na visualização tridimensional dos problemas elencados.

No decorrer do trabalho foram observadas algumas delimitações que devem ser levadas em conta por explicar quais passos não foram passíveis de serem seguidos, e por isso não estão no escopo do que se buscou analisar. A consolidação dessas delimitações foi dada somente ao final do trabalho.

CAPÍTULO 4
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo a construtora e o empreendimento do estudo de caso são caracterizados, os erros encontrados durante a modelagem são elencados, as soluções adotadas em obra que puderam ser visualizadas são apresentadas e, por fim, relata-se sobre os benefícios e dificuldades encontrados na utilização do *software* Revit.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUTORA

A construtora que forneceu todos os projetos está no mercado há 27 anos, atua em Goiânia nos setores residencial multifamiliar, médio e alto padrão e no setor comercial. A empresa já entregou, até o final de 2014, 40 empreendimentos em mais de 500.000,00 m² de área construída. A empresa possui certificações ISO 9001, adquirida em 2001, e PBQP-h nível A reconhecida em 2004.

A empresa não possui setor responsável para realização de projetos, assim a mesma terceiriza esse processo e realiza somente a atividade de coordenação. Até o final de 2014 a mesma não utilizava a plataforma BIM para realizar nenhum projeto.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento possui 4 torres sendo cada uma constituída de térreo, 17 pavimentos tipo, cobertura, casa de máquinas e barrilete. São 4 apartamentos por andar totalizando 272 apartamentos. O empreendimento está em fase de construção e até o final de 2014 apresentou 45% de sua totalidade construído. A Figura 4.1 ilustra esta fase da obra.

Figura 4.1 - Estágio da obra em dezembro de 2014.

Para efeito de comparação a Figura 4.2 contém imagem da maquete eletrônica do empreendimento pronto.

Figura 4.2 - Maquete eletrônica do estudo de caso

O apartamento possui 67,94 m² de área privativa e duas opções de planta com 2 ou 3 quartos, sendo que na opção por 2 quartos a sala é estendida. O apartamento é composto por sala, cozinha integrada, área de serviço, 2 banheiros, sacada e uma ou duas vagas de garagem no térreo. A planta do pavimento tipo é ilustrada na Figura 4.3, e na Figura 4.4 observa-se a disposição do apartamento com cozinha americana e sala normal.

Figura 4.3 - Planta de arquitetura do Pavimento Tipo

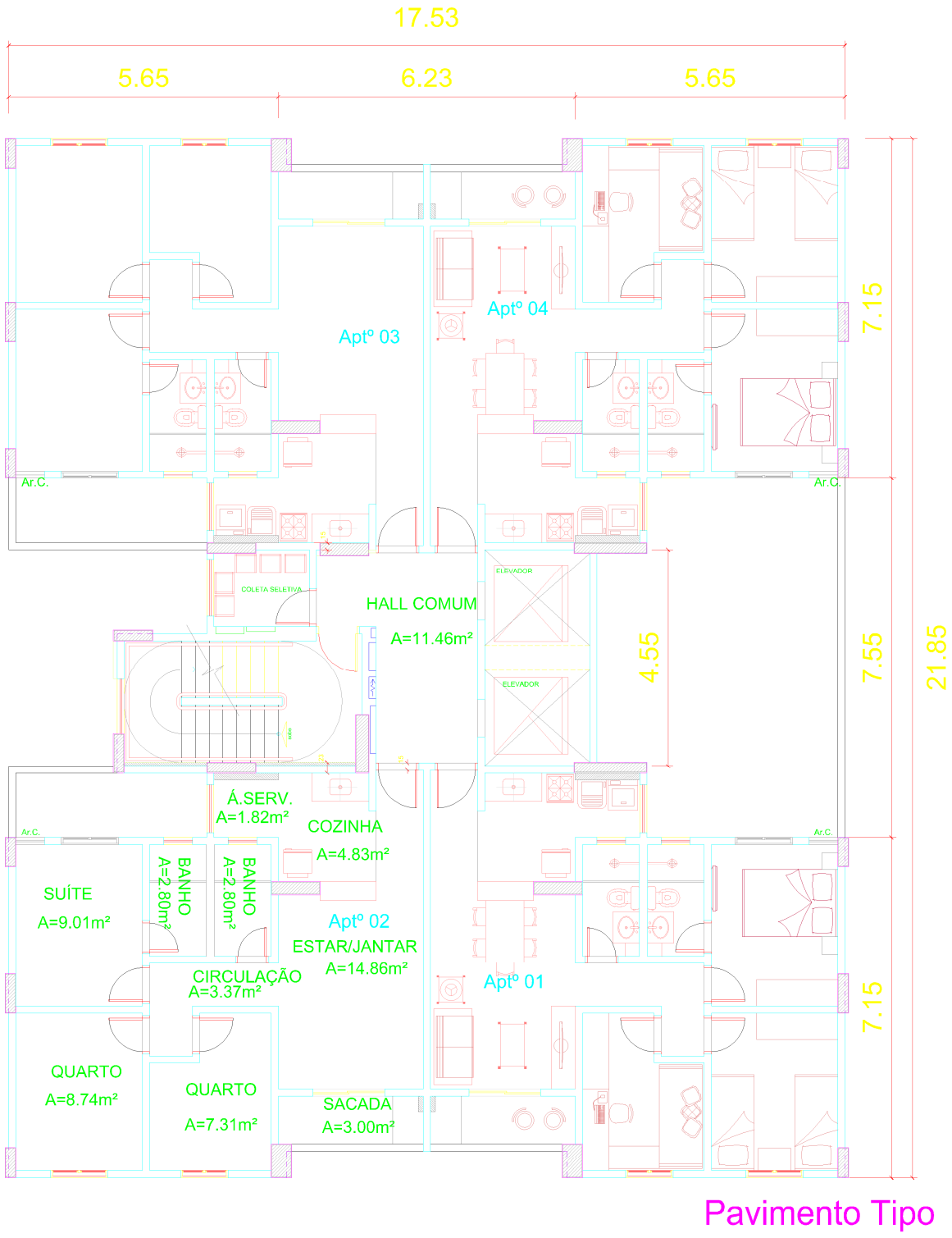
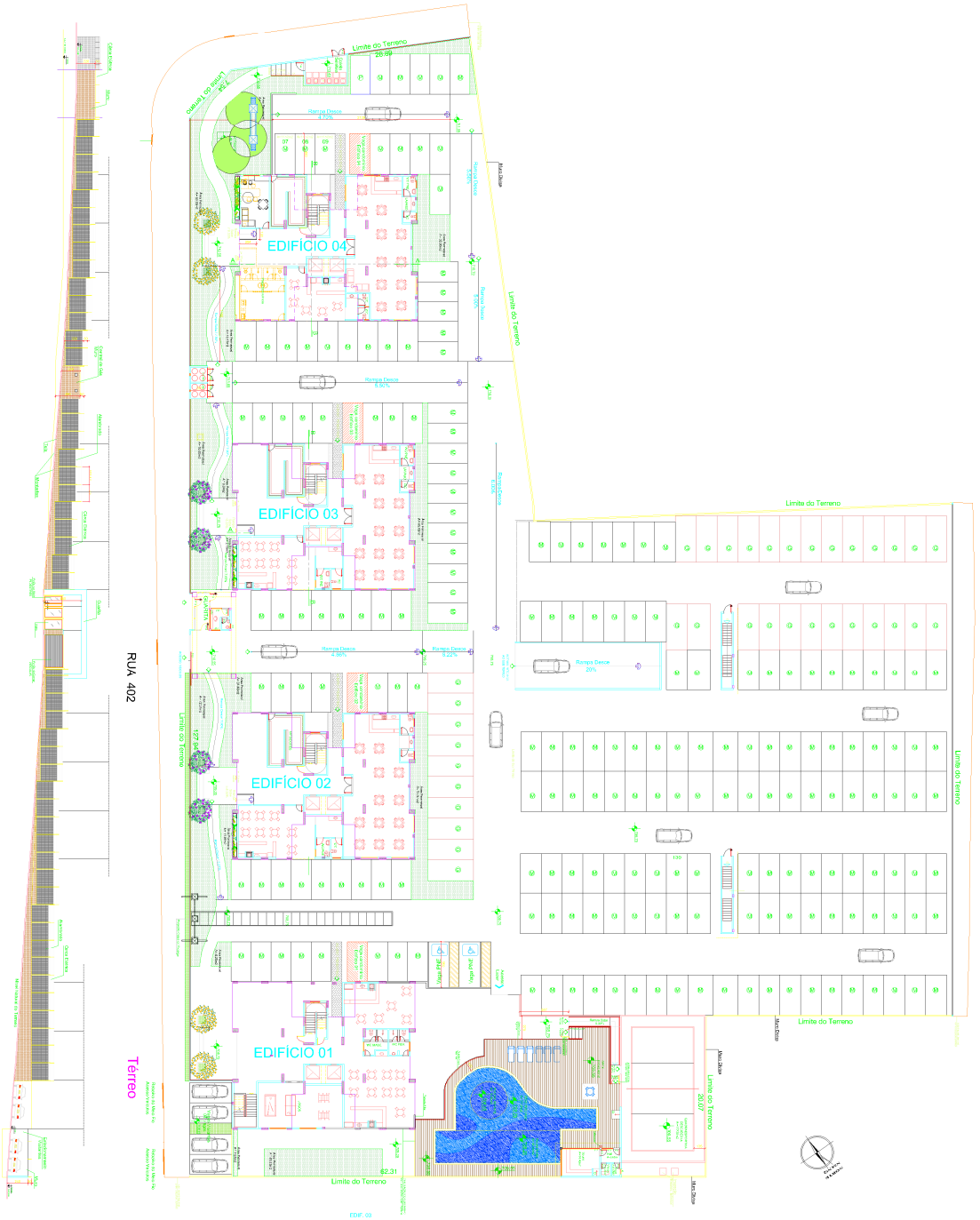


Figura 4.4 - Arquitetura do Apartamento Tipo

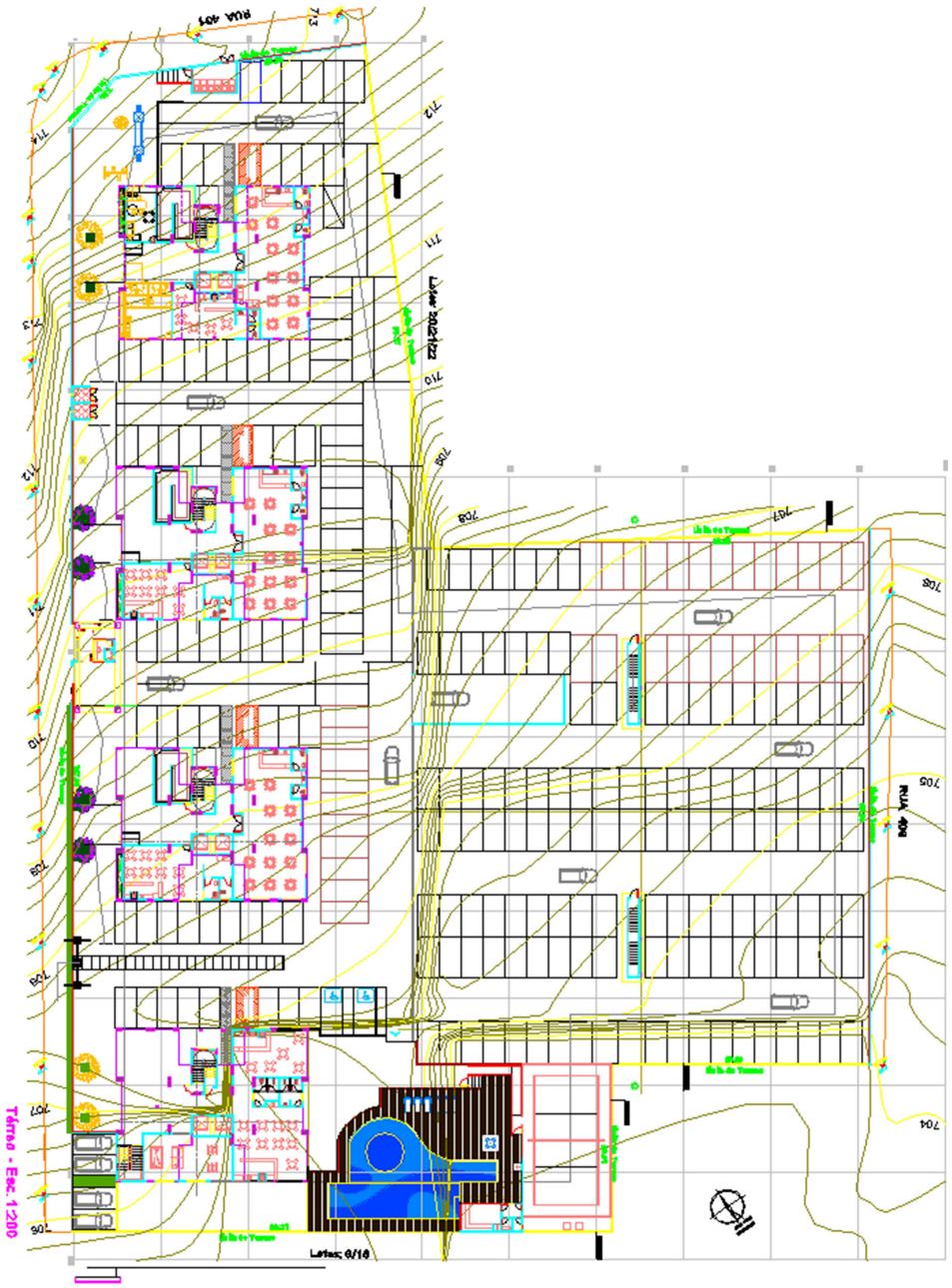
Na área comum, o empreendimento possui piscina, quadra, sauna, 5 churrasqueiras, 3 salão de festas, 1 salão e jogos, 1 brinquedoteca, 2 térreos de garagem, 1 subsolo na torre 1, 409 vagas de garagem e totaliza 34.315,35 m² de área construída. A seguir na Figura 4.5 a planta do Térreo.

Figura 4.5 - Planta do Térreo



O terreno possui uma queda acentuada no sentido da Torre 4 para a Torre 1, esse desnível é de aproximadamente 5 metros ao longo de 80 metros. Para aproveitar das características do terreno que possui taludes naturais, foi executado um subsolo que abrange a área do Edifício 1, da piscina e das garagens. A seguir Figura 4.6 com a locação e as curvas de nível do terreno.

Figura 4.6 - Curvas de níveis do terreno.



Para a execução dos platôs das torres 3 e 4 foi necessária a criação de vigas cortinas no contorno do prédio, pois o desnível era muito grande. Na torre 2 não há vigas cortinas, mas as vigas baldrames possuem 90 cm de altura. As Figuras 4.7 e 4.8 trazem as vigas cortinas das torres 4 e 3 respectivamente. Um detalhe a salientar é que as vigas cortinas estão abaixo das vigas baldrames, o que aumenta mais ainda o desnível entre o platô e o terreno ao lado, que pode ser exemplificado pela Figura 4.9.

Figura 4.7 - Forma das cortinas do edifício 4

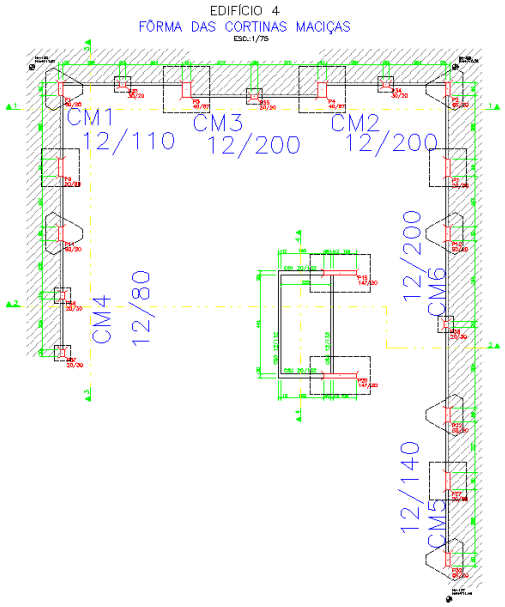


Figura 4.8 - Forma das cortinas do edifício 3

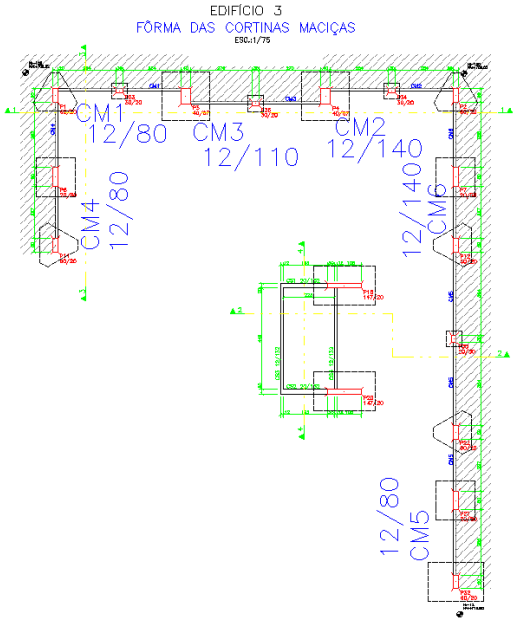
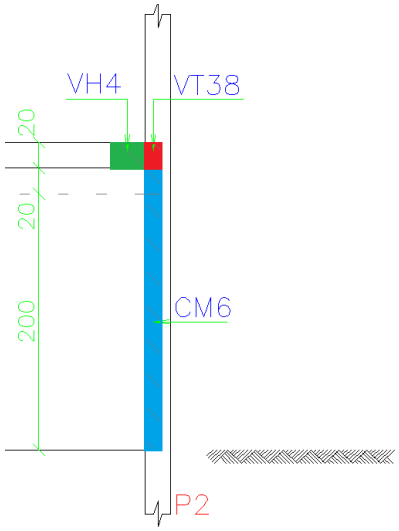


Figura 4.9 - Detalhe da cortina



4.3 APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Após a realização da verificação das falhas encontradas nos projetos por meio de modelagem no programa Revit, foram encontrados problemas relacionados à falta de adequação às normas, faltas de informações, discrepâncias entre desenhos e interferências entre projetos, que serão elencadas a seguir.

4.3.1 Itens fora de norma

De acordo com a norma NBR 8160, apresenta-se nos tópicos 4.2.5.1 e 4.2.5.5 que os desvios de tubulações de esgotos devem ser feitos com ângulos de 45º ou inferior e, caso sejam enterradas, devem ser feitas através de caixa de inspeção ou poço de visita. No projeto foram encontrados desvios sem caixa de inspeção em algumas tubulações enterradas do térreo e ligações de 90° (Joelho de 45° com junção) no térreo e no fechamento dos pilotis de todas as torres. A seguir alguns exemplos presentes nas Figuras 4.10, 4.11 e 4.12.

Figura 4.10 - Detalhe do pavimento térreo com desvios de tubulações enterradas sem caixa de inspeção

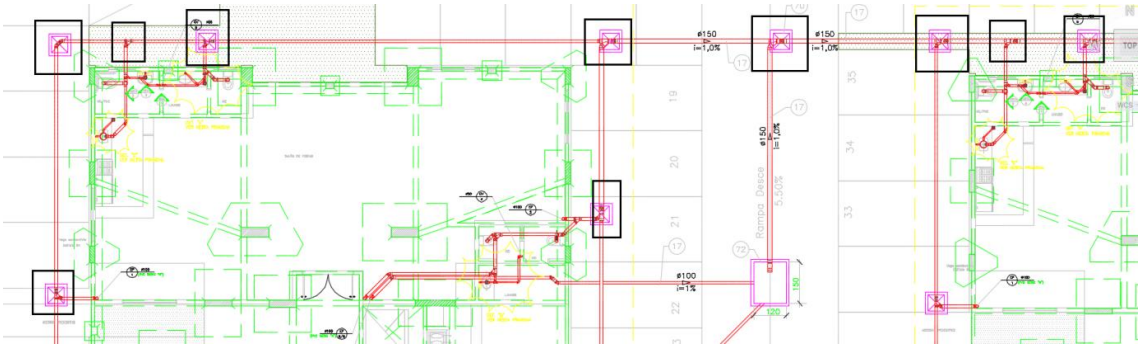


Figura 4.11 - Desvios a 90º em tubulações de esgoto

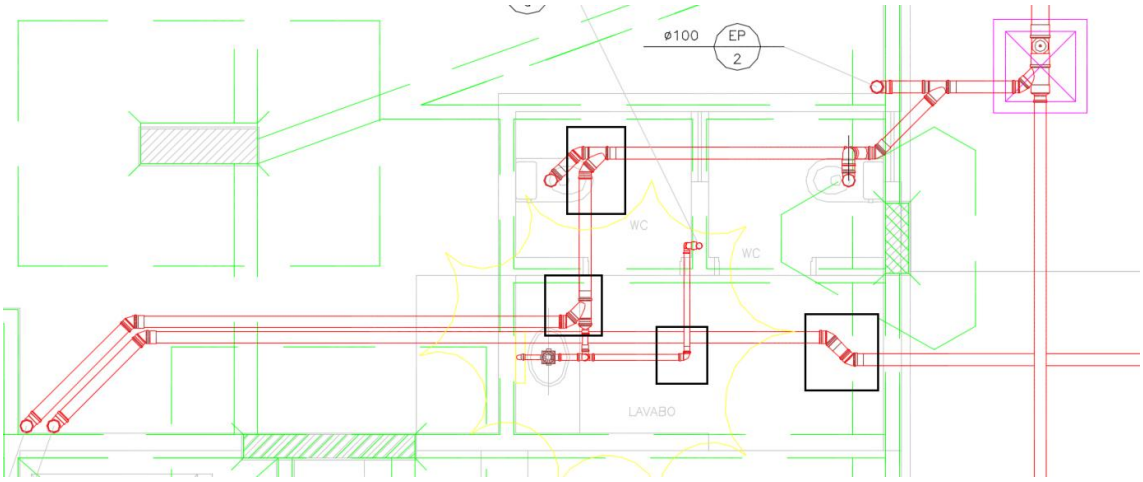
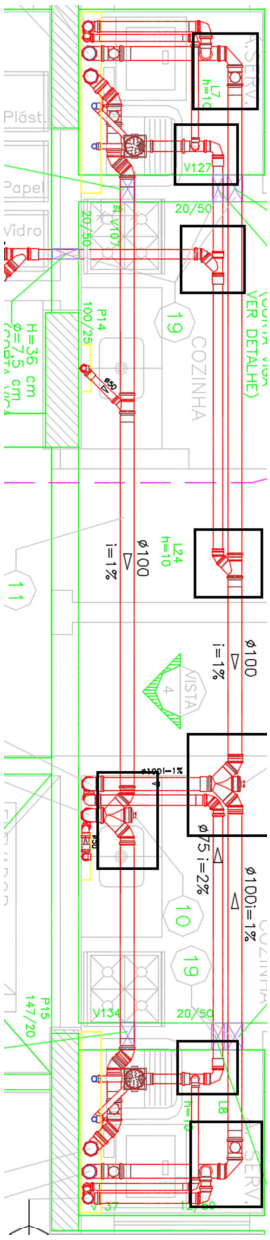


Figura 4.12 - Desvios a 90º em tubulações de esgoto



O item 4.3.8 da NBR 8160 indica que o subsistema de ventilação deve ser executado de maneira a impedir o acesso de esgoto sanitário ao interior do mesmo. No desvio das prumadas para os subcoletores enterrados do projeto em estudo foi encontrada tubulação de ventilação no mesmo nível da de esgoto, concepção que facilita a entrada de esgoto no ramal de ventilação. Na Figura 4.13 tem-se a parte do projeto em que se encontra especificada a posição da ventilação e na Figura 4.14 é mostrado o detalhe em desacordo com a norma.

Figura 4.13 - Ventilação no mesmo nível da tubulação de esgoto

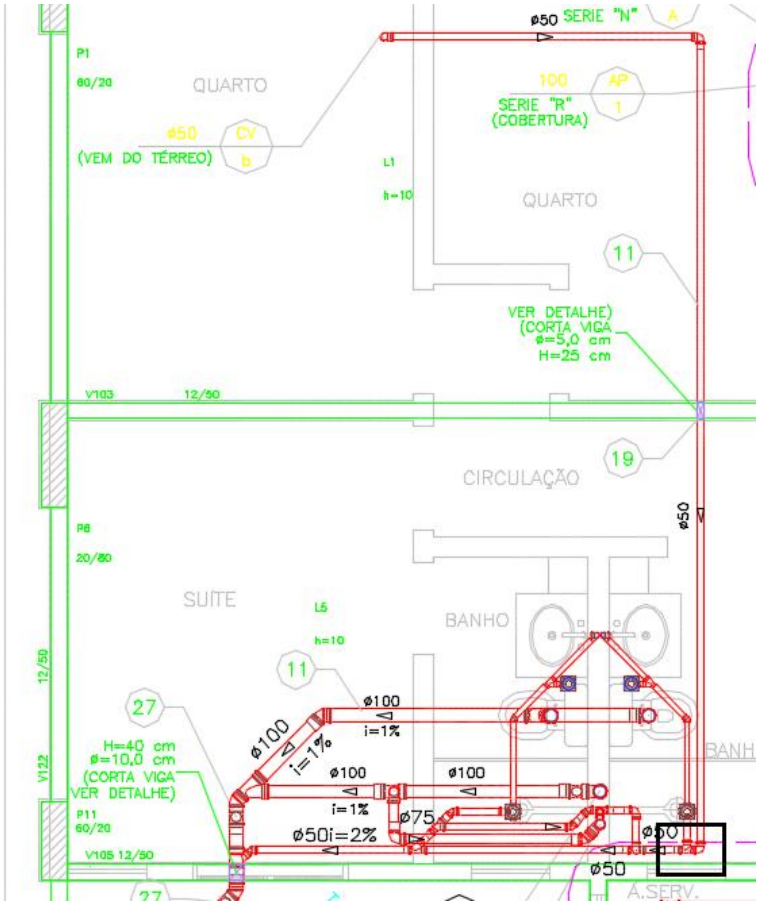
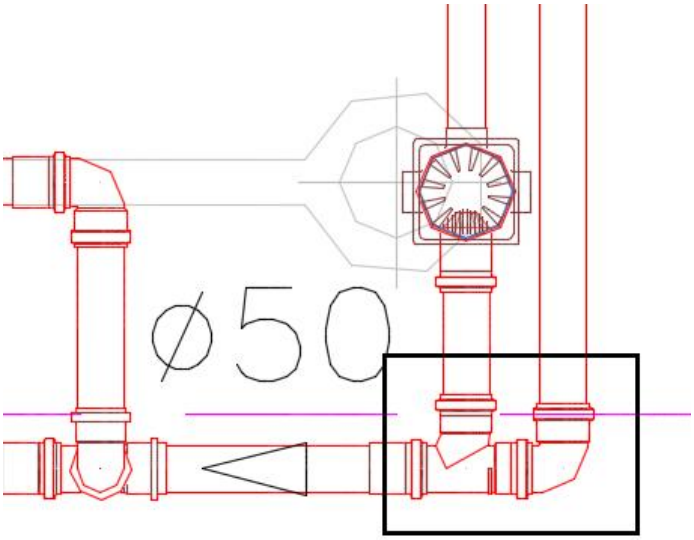
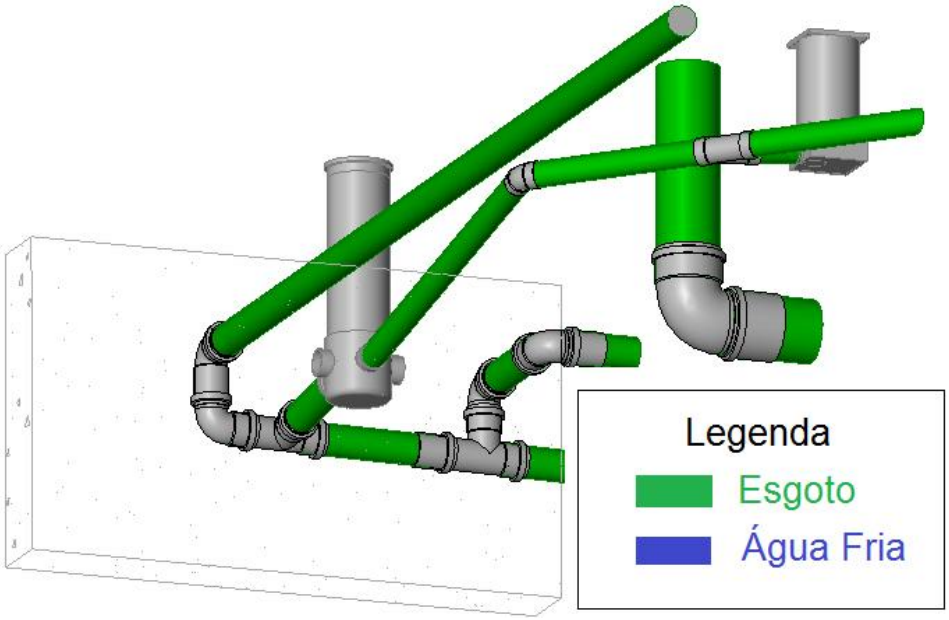


Figura 4.14 - Detalhe da tubulação de ventilação



A Figura 4.15 mostra a tubução de ventilação com uma solução adotada pelo modelador.

Figura 4.15 - Vista do arranjo da tubulação com o ramal de ventilação projetado conforme pede a norma aplicável



4.3.2 Falta de informações nos projetos

O fechamento da tubulação de água pluvial na cobertura é incompleto pois só mostra o fechamento da prumada que recebe contribuição da cobertura. Na Figura 4.16 tem-se representadas as duas prumadas independentes (contribuição das sacadas e da cobertura) enquanto a Figura 4.17 mostra somente o detalhe de uma prumada.

Figura 4.16 - Detalhe das prumadas de água pluvial que recebem água das sacadas (AP-C e AP-D) e da cobertura (AP-3 e AP-4)

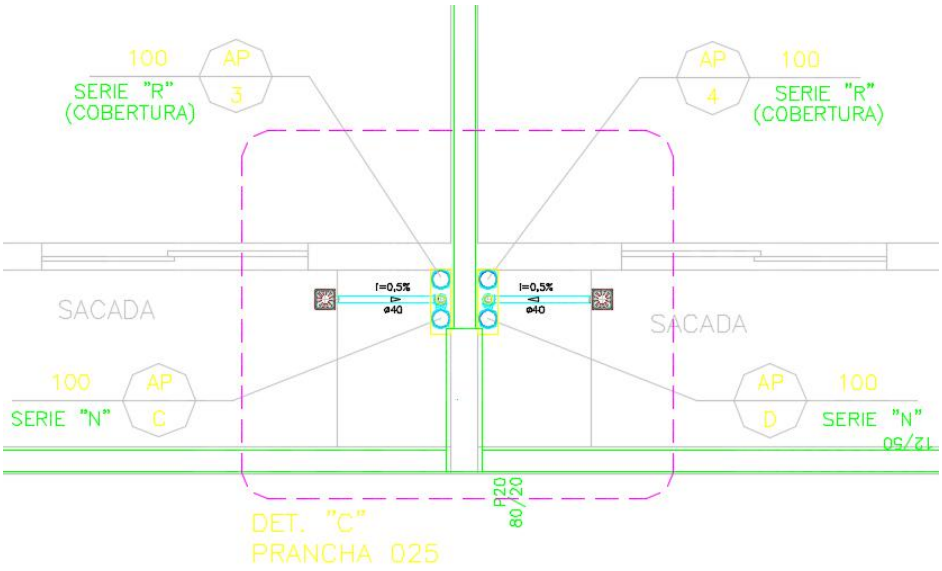
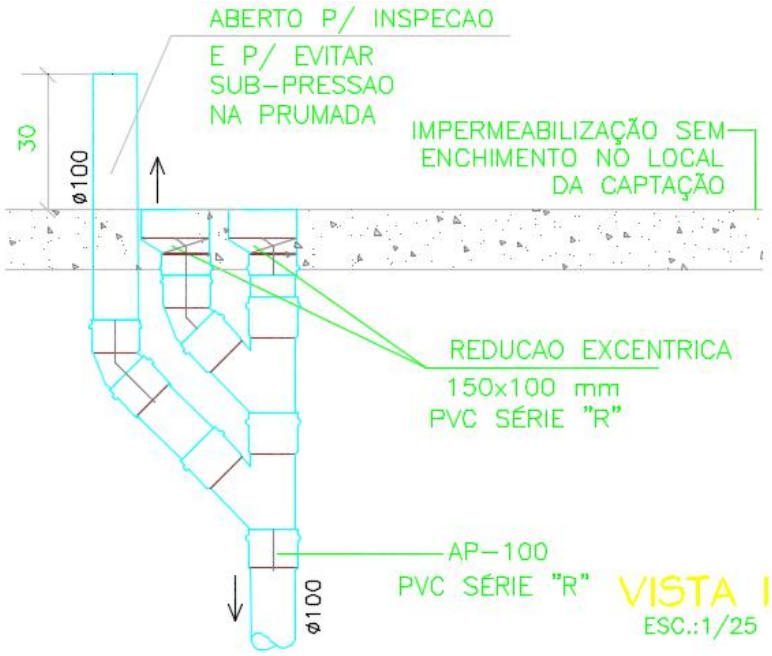
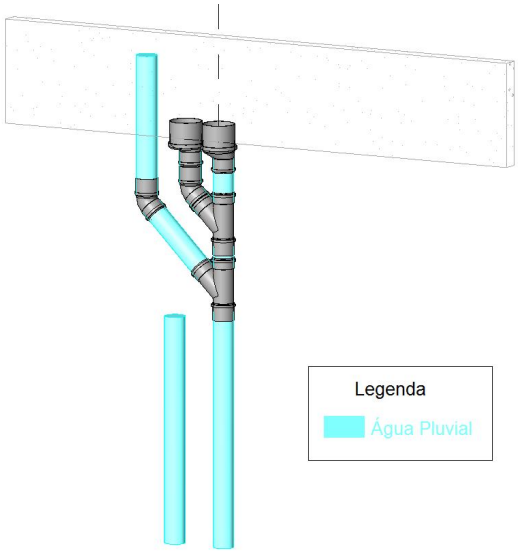


Figura 4.17 - Detalhe da finalização na cobertura da prumada que recebe água pluvial da cobertura



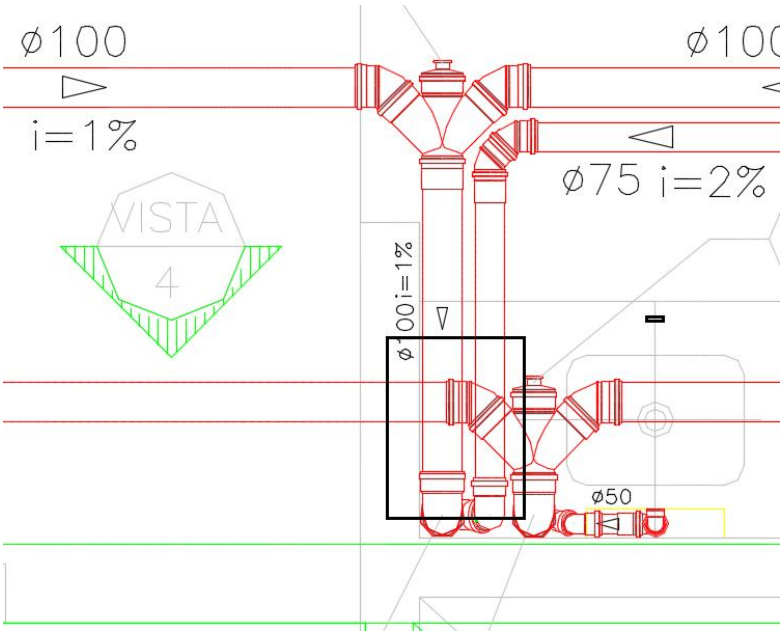
Na Figura 4.18 é visto o final da prumada que recebe água das sacadas e da cobertura, em que a primeira não tem um acabamento na cobertura.

Figura 4.18 –Vista tridimensional da finalização da prumada que recebe água pluvial da cobertura



Também se verificou a falta de informação referente a qual tubulação sobrepõe a outra. Neste caso foram encontrados vários itens iguais a esse, expostos nos exemplos nas Figuras 4.19, 4.21 e 4.22.

Figura 4.19 - Detalhe de tubulação de esgoto sem informação acerca de sua sobreposição



A Figura 4.20 mostra a visualização tridimensional da interferência da Figura 4.19 com solução adotada durante a modelagem, ficando a cargo do modelador definir qual tubulação se encontra mais elevada.

Figura 4.20 - Detalhe de tubulação de saneamento

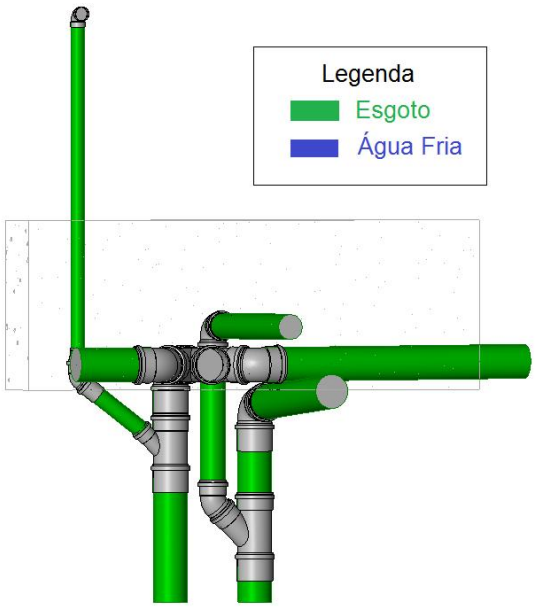


Figura 4.21 - Parte da planta apresentando tubulação com informações completas e incompletas sobre sua altura

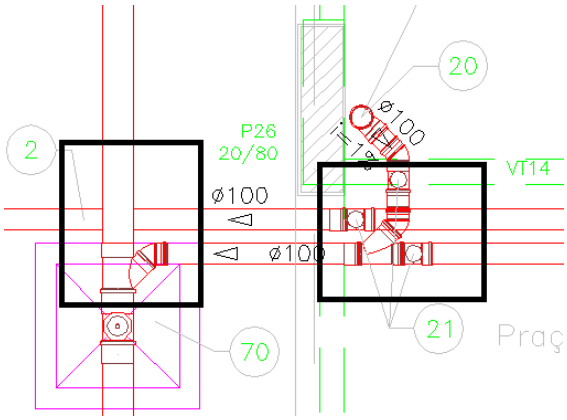
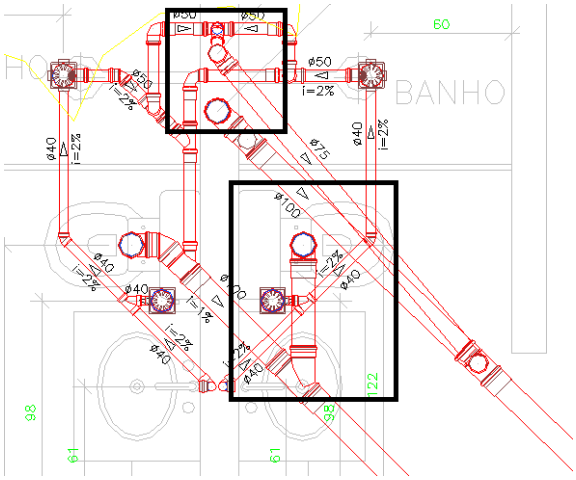
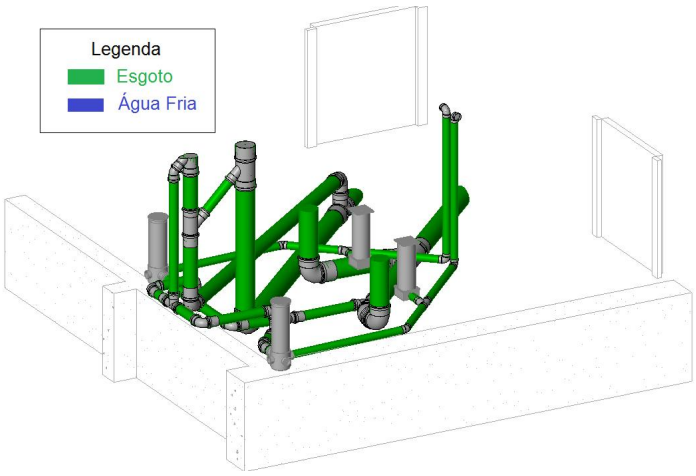


Figura 4.22 - Parte do projeto mostrando tubulação sem informação acerca da sobreposição



Na Figura 4.23 é visto o arranjo das tubulações modelado no Revit, mostrando a adoção arbitrária do modelador sobre qual tubulação está mais elevada.

Figura 4.23 - Arranjo de tubulações sanitárias



Nos projetos hidrossanitários, as vistas têm papel importante ao tirar dúvidas sobre o correto posicionamento da tubulação. No projeto em estudo, a vista 4 presente na Figura 4.24 não ajuda a resolver o problema da Figura 4.19, pois as tubulações saem no mesmo nível. Outra falha da vista ocorre na representação diferente da ligação da pia com o tubo de queda em relação ao encontrado na planta mostrado na Figura 4.25.

Figura 4.24 - Vista mostrando a ligação da tubulação da pia ao tubo de queda, e definição errada da altura da conexão do subcoletor ao tubo de queda

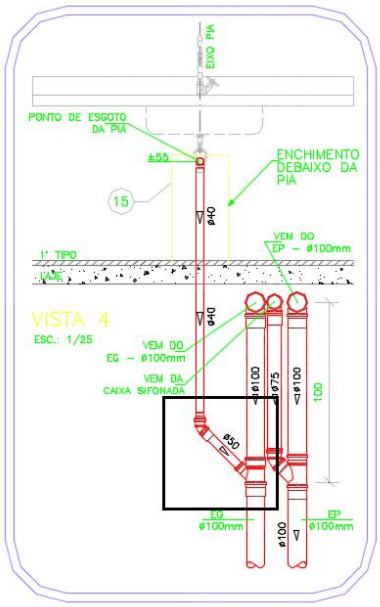
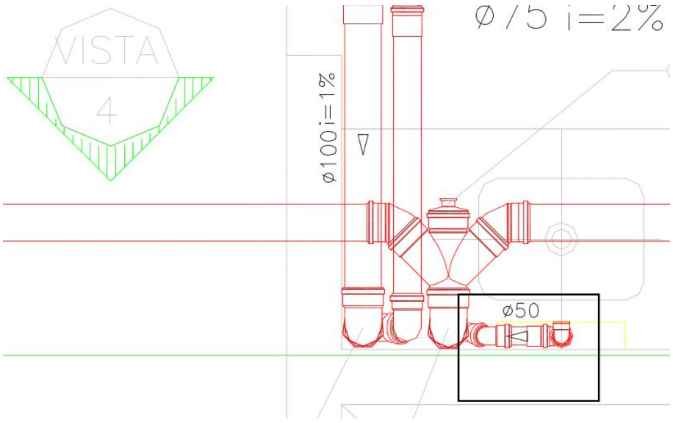
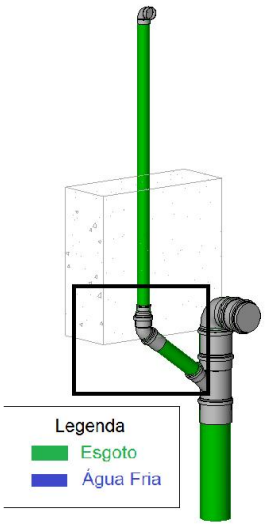


Figura 4.25 - Detalhe diferente da ligação da pia com o tubo de queda



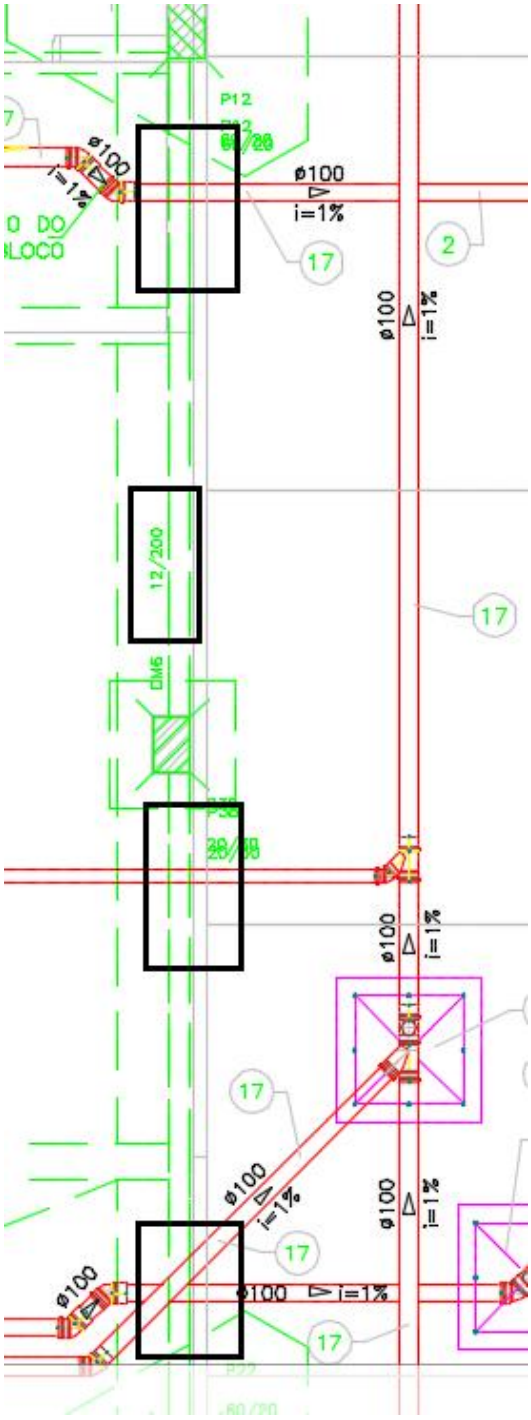
Na Figura 4.26 é mostrada a ligação da tubulação da pia com o tubo de queda.

Figura 4.26 - Vista tridimensional da ligação da tubulação de esgoto da pia com o tubo de queda



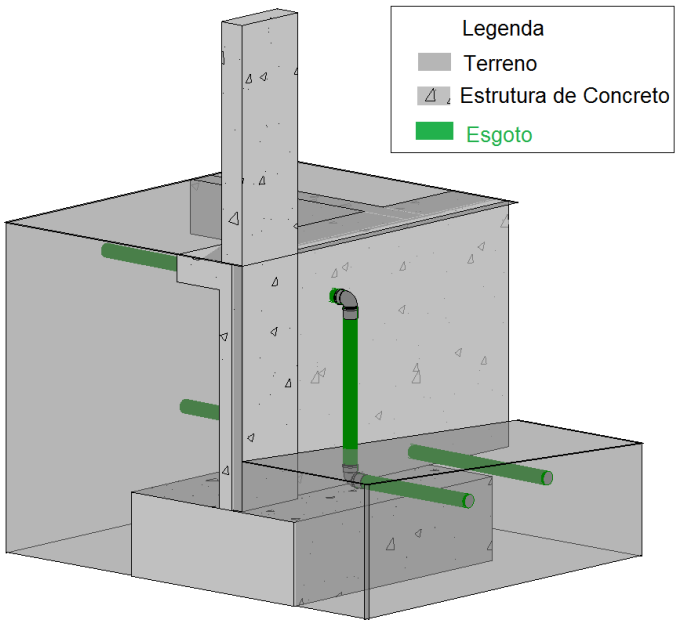
Na Figura 4.27 não está especificada a passagem dos coletores na viga cortina. Desse modo entende-se que a tubulação passa sob a viga, porém as alturas dessas vigas chegam a 2,40 m. Sendo assim é totalmente inviável essa concepção devido à dificuldade de execução e manutenção futura que terá essa tubulação executada nessa profundidade.

Figura 4.27 - Tubulações sem indicação de corte na viga-cortina



Na Figura 4.28 é mostrada a tubulação de esgoto passando pela viga cortina.

Figura 4.28 - Tubulação de esgoto passando pela viga cortina



4.3.3 Discrepâncias entre os desenhos

O pilar T1 não aparece nos projetos de arquitetura das torres 2, 3 e 4. Na Figura 4.29 é mostrada uma parte da planta estrutural do Pilotis do edifício 4 que mostra a existência do pilar T1 e a Figura 4.30 com o referente projeto de arquitetura sem a representação do pilar.

Figura 4.29 – Planta da forma do térreo com pilar T1

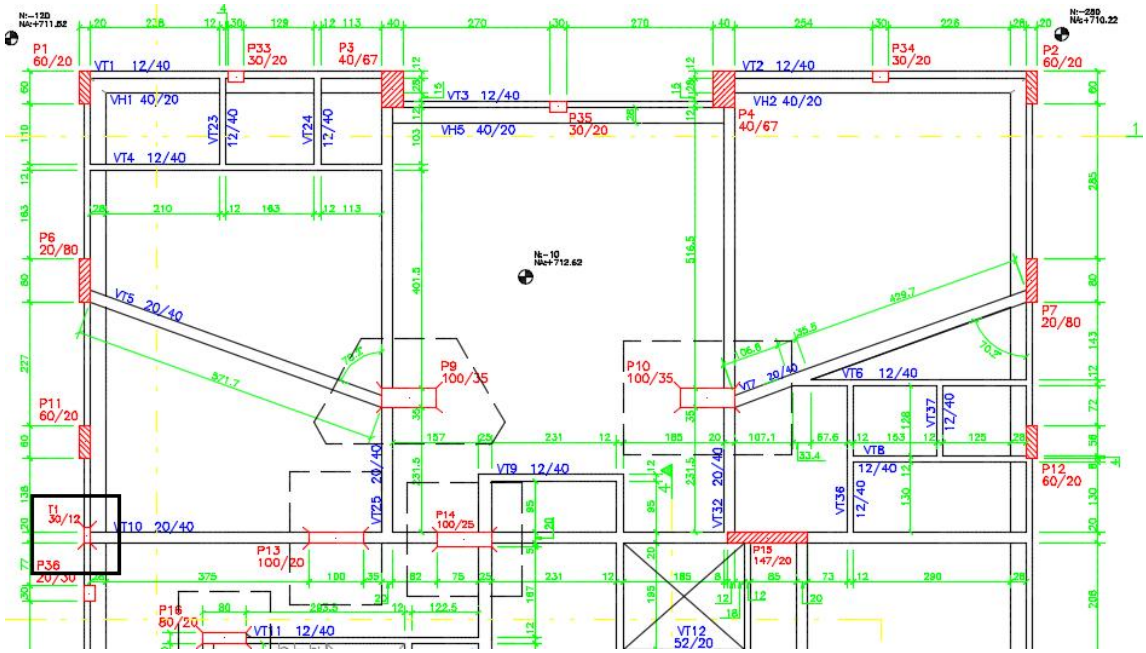
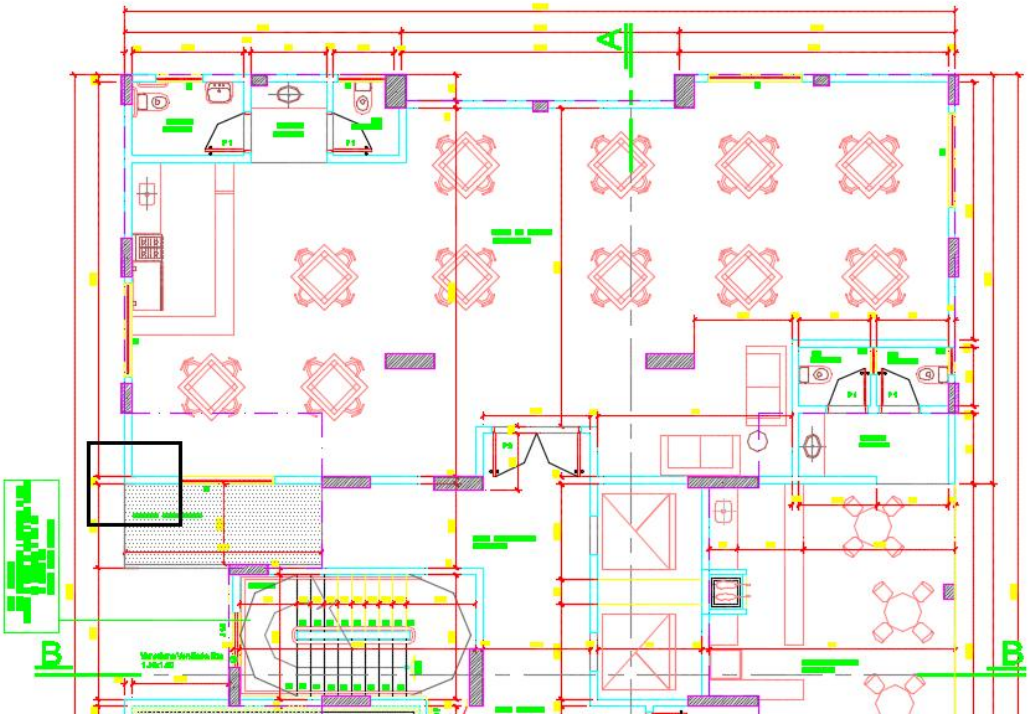
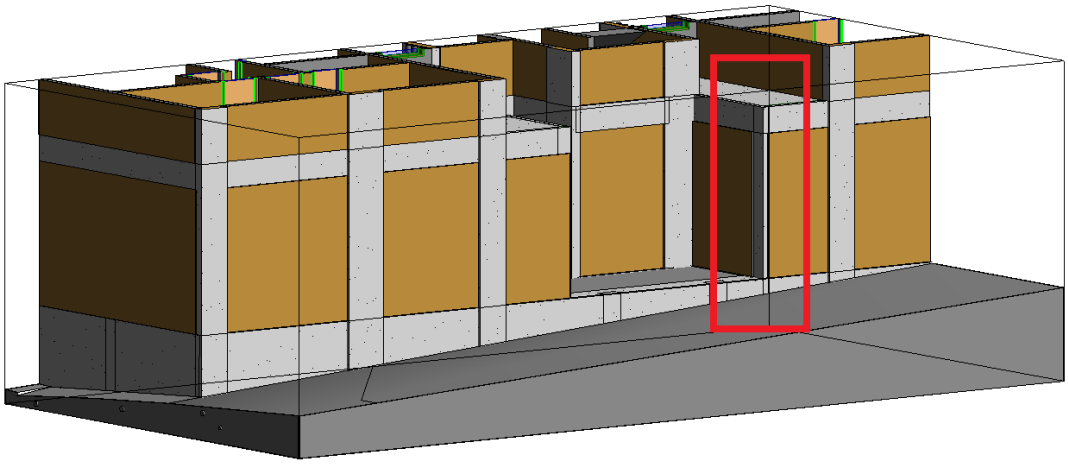


Figura 4.30 - Planta arquitetônica sem o pilar T1



A Figura 4.31 destaca o pilar que aparece no projeto estrutural e não no arquitetônico.

Figura 4.31 - Pilar mostrado no projeto estrutural que não aparece no arquitetônico



O reservatório superior possui representações diferentes no projeto hidráulico e no estrutural. Todos os furos de limpeza e recalque foram feitos em uma região que no projeto estrutural é um vazio. As Figuras 4.32 e 4.33 mostram essa diferença.

Figura 4.32 - Planta de forma da tampa do reservatório com indicação de abertura

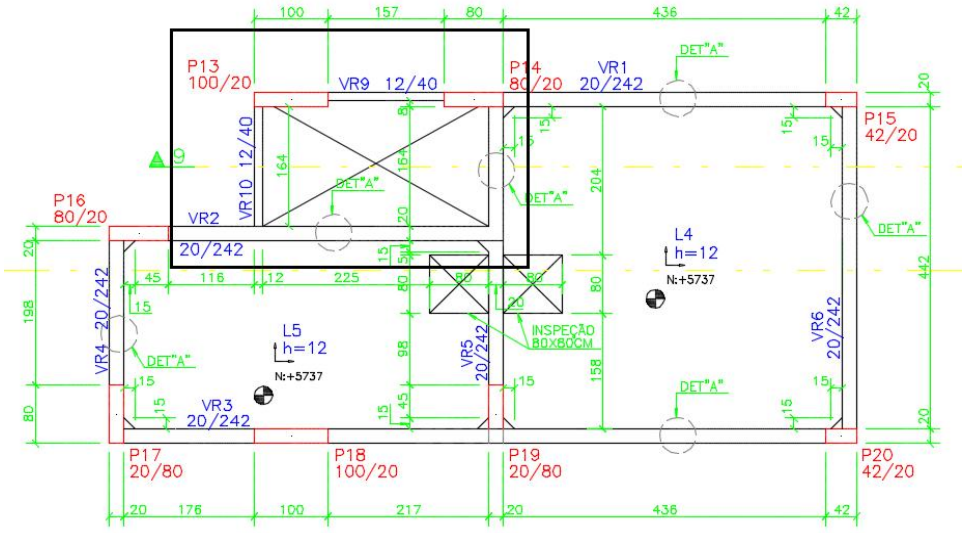
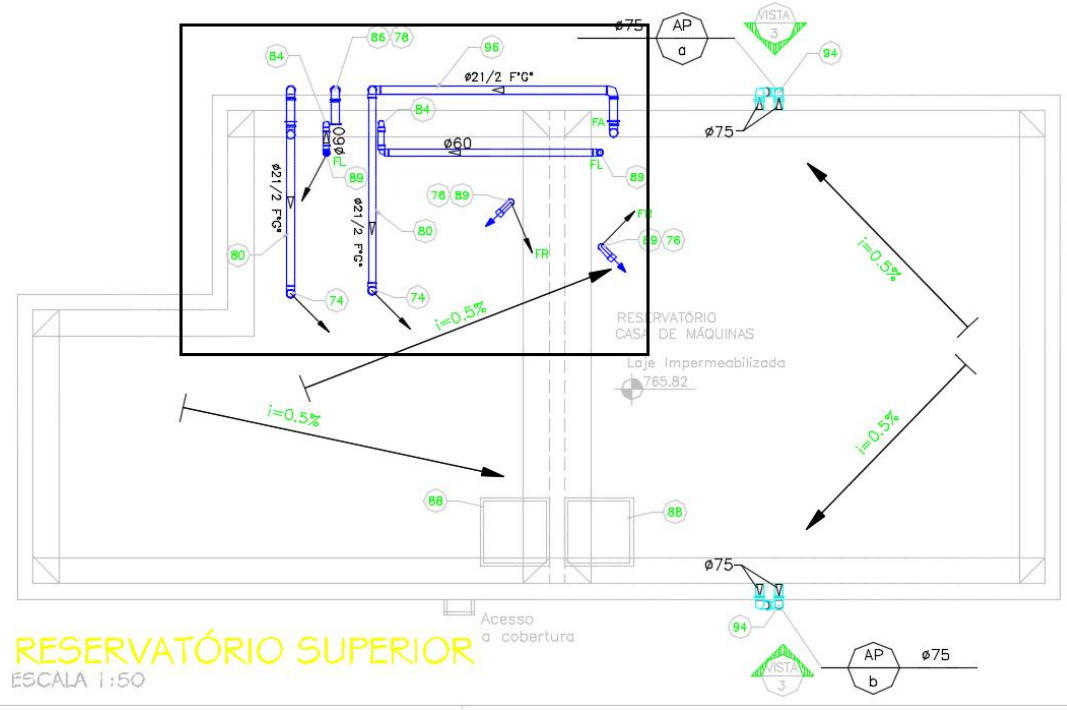
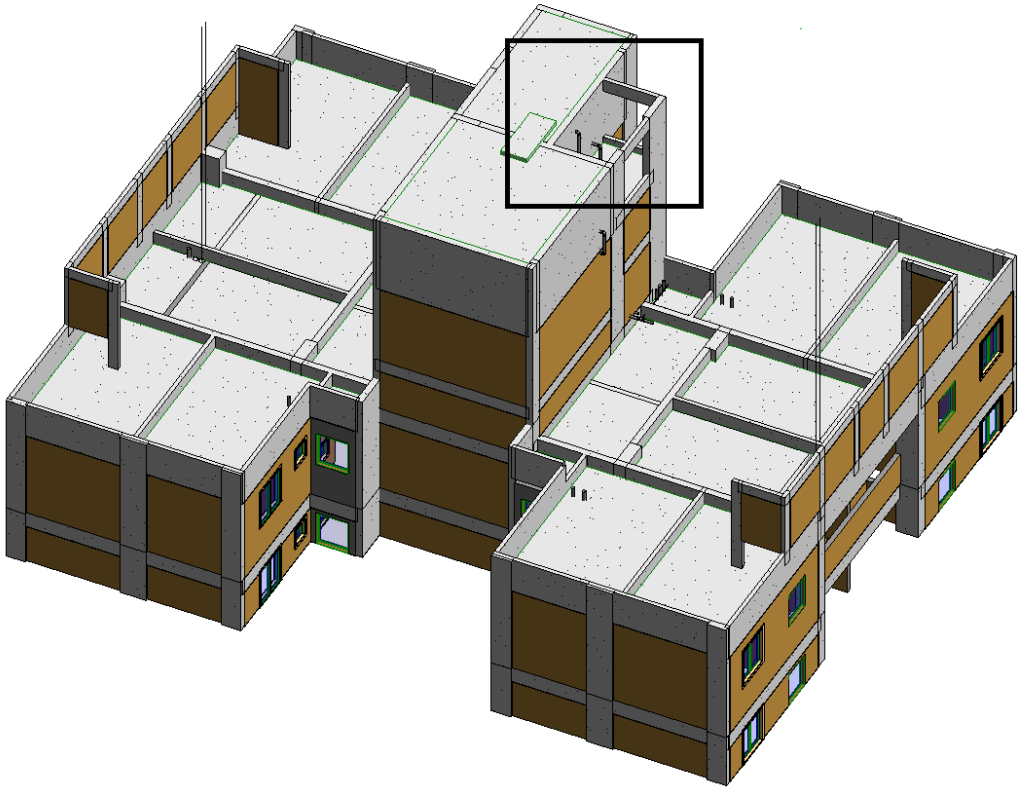


Figura 4.33 - Projeto hidráulico do barrilete onde há vazio no projeto estrutural



Neste caso todo o dimensionamento hidráulico e de segurança contra incêndio pode ter ficado prejudicado principalmente em função de reserva de incêndio e volume útil para abastecimento das unidades autônomas. A Figura 4.34 ilustra a cobertura e o vazio do reservatório.

Figura 4.34 - Visualização da cobertura contemplando o vazio do reservatório



Na modelagem fica visível o vazio do projeto estrutural, considerado como reservatório no hidráulico.

Também se observou a compatibilização errada do projeto de fundação da torre 4 com o projeto de esgoto, pois os blocos estão com dimensões diferentes em cada projeto. As Figuras 4.35 e 4.36 apresentam, respectivamente, as plantas do sanitário e da fundação.

Figura 4.35 - Projeto sanitário mostrando blocos com dimensões diferentes do projeto de fundação

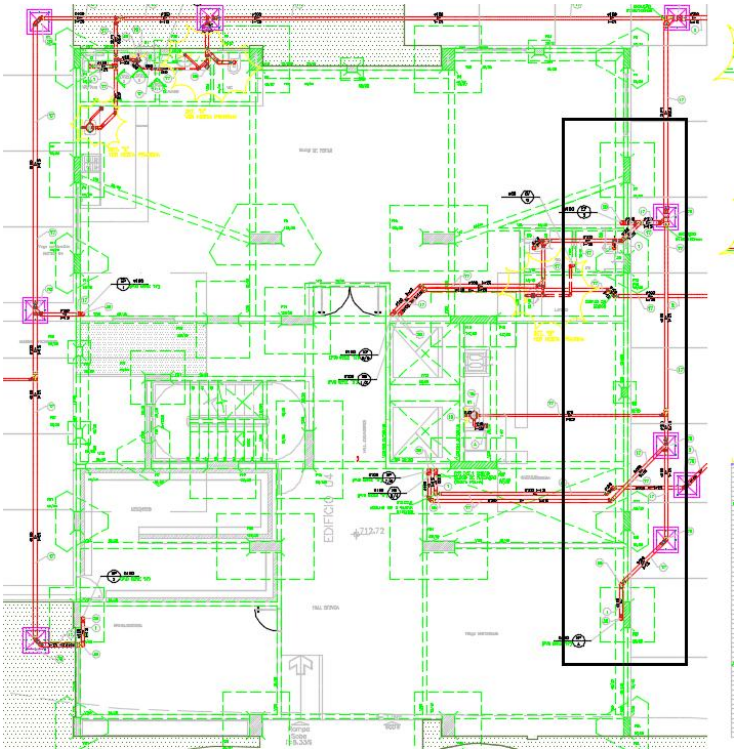
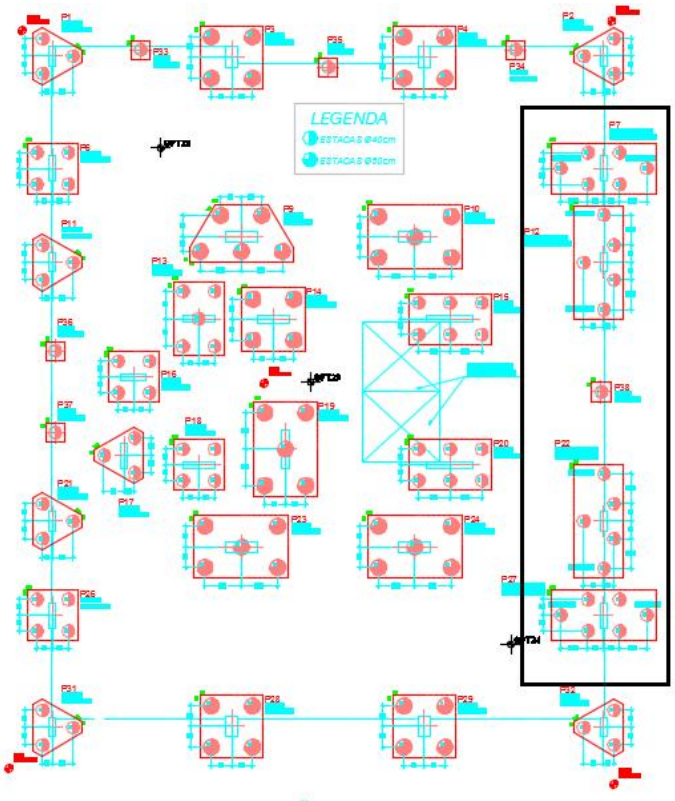


Figura 4.36 - Projeto de fundação com as dimensões corretas dos blocos



A localização da churrasqueira da torre 1 apresenta discrepância entre os projetos sanitário e o de arquitetura. As Figuras 4.37 e 4.38 apresentam respectivamente parte das plantas do sanitário e do arquitetônico.

Figura 4.37 - Projeto sanitário mostrando posicionamento diferente da churrasqueira

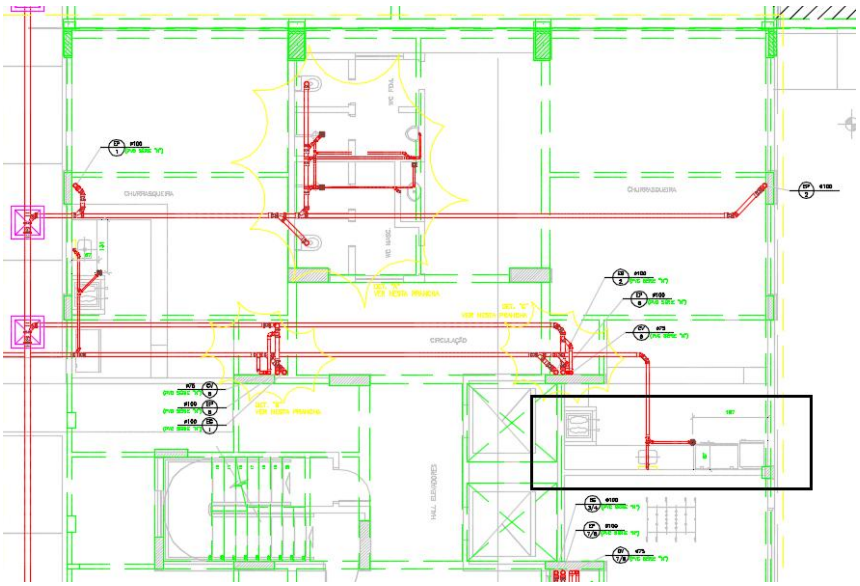
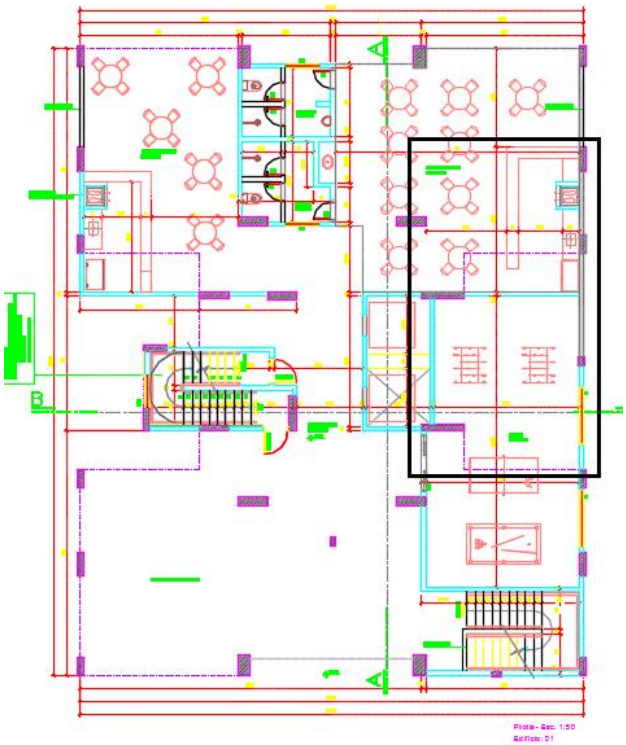


Figura 4.38 - Projeto arquitetônico mostrando posicionamento da churrasqueira diferente do utilizado pelo projeto sanitário



Nas Figuras 4.39, 4.40, 4.42 e 4.43, são mostrados os projetos de fôrma e arquitetônico apresentando paredes não posicionadas sobre vigas baldrames. E nas Figuras 4.41 e 4.44 suas respectivas modelagens no software Revit.

Figura 4.39 - Planta de forma com viga baldrame saindo da extremidade esquerda do pilar

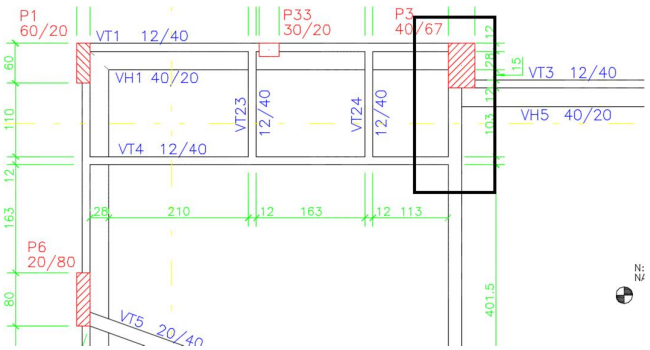


Figura 4.40 - Planta arquitetônica com parede saindo da extremidade direita do pilar

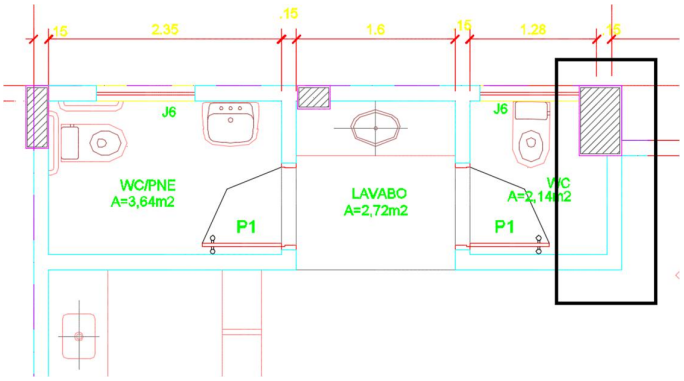


Figura 4.41 - Modelagem mostrando parede não apoiada na viga baldrame

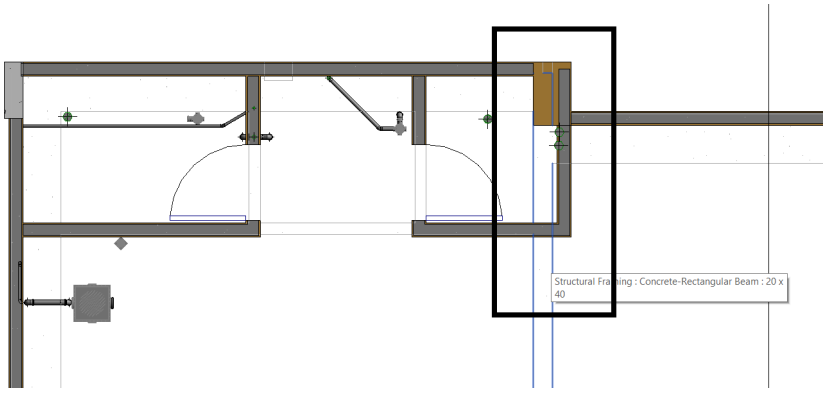


Figura 4.42 - Planta de forma com viga baldrame deslocada 5cm da extremidade esquerda do pilar

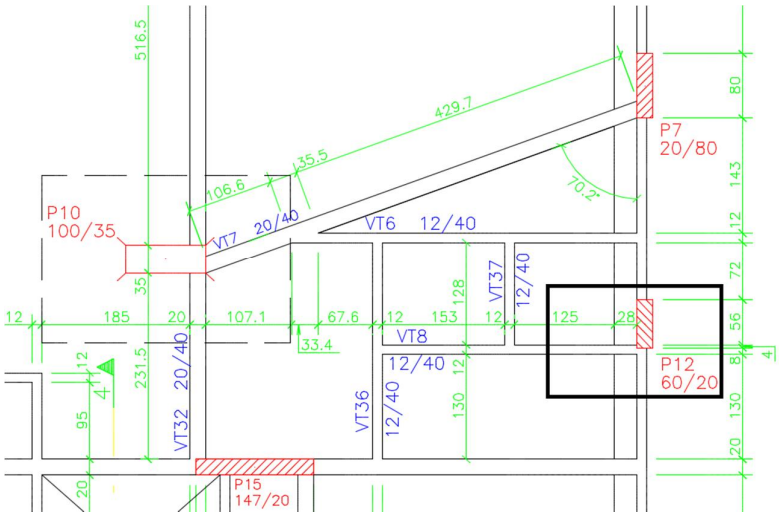


Figura 4.43 - Planta arquitetônica com parede rente a extremidade esquerda do pilar

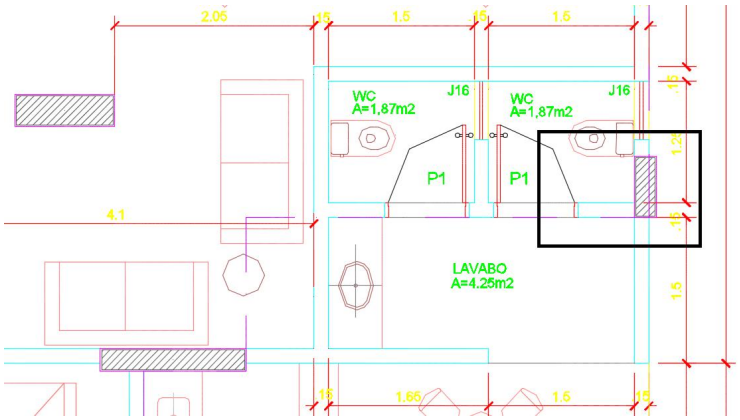
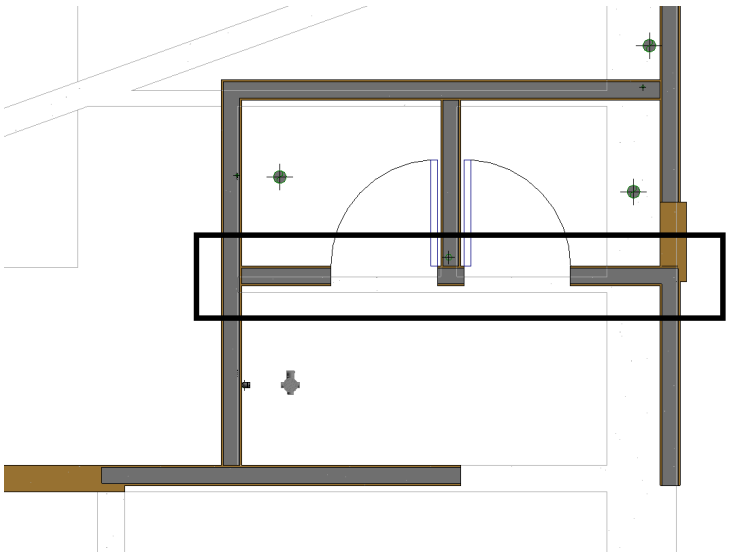


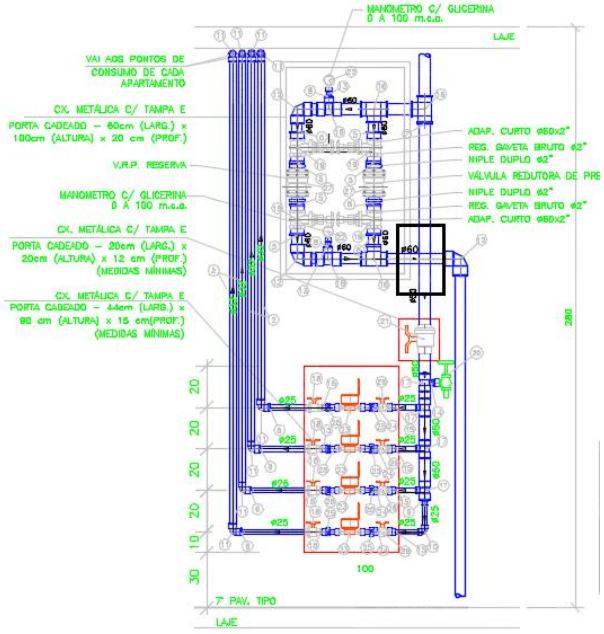
Figura 4.44 - Modelagem com parede posicionada deslocada da viga baldrame



4.3.4 Interferências de projeto

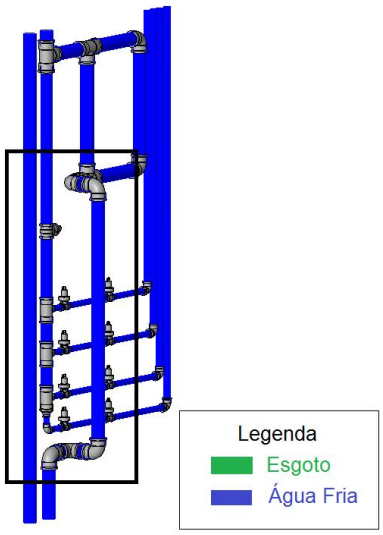
Observou-se uma interferência entre a tubulação que sai da Válvula Redutora de Pressão (VRP) com a tubulação que alimenta os apartamentos do andar em que ela está localizada. A Figura 4.45 contém o detalhe.

Figura 4.45 - Detalhe da interferência da tubulação da VRP com a tubulação de alimentação



Na Figura 4.46 é vista a modelagem da VRP, porém com uma solução adotada pelo modelador onde foi feito um desvio da tubulação.

Figura 4.46 - Desvio de tubulação necessário para execução da mesma



A Figura 4.47 mostra parte do projeto hidráulico referente à saída da tubulação de alimentação e que as mesmas se interceptam. Na vista presente na Figura 4.48 está representado, erroneamente, que todas estão com a mesma altura o que confirma a interferência encontrada.

Figura 4.47 - Tubulações ocupando o mesmo espaço na planta

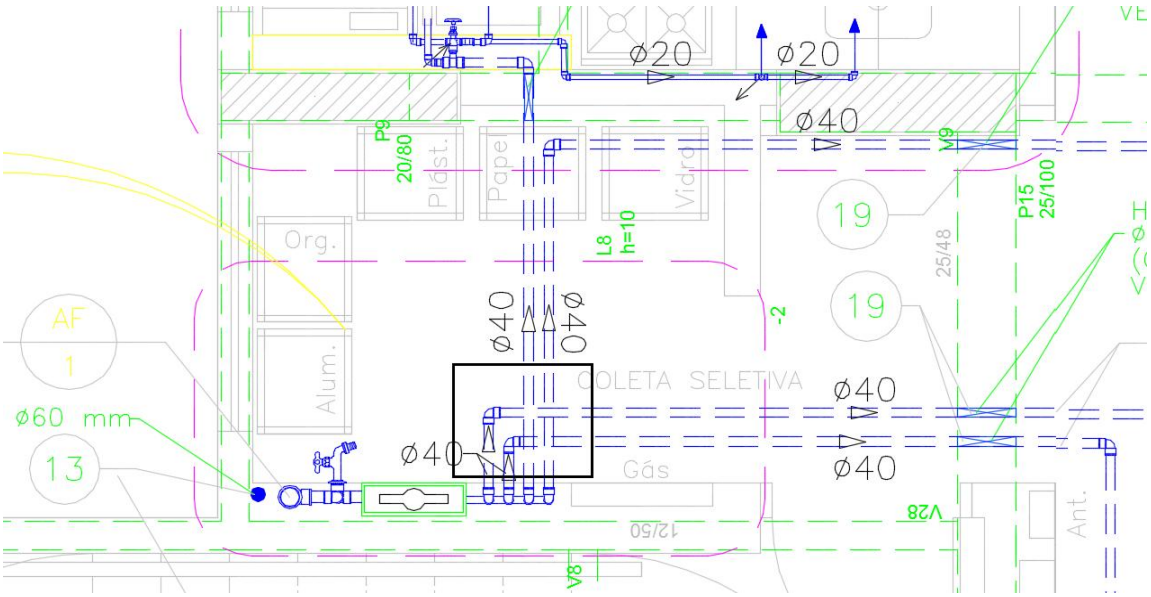
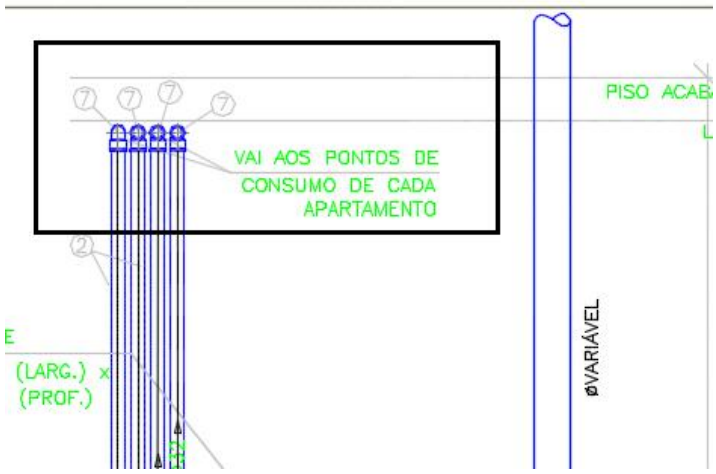


Figura 4.48 - Vista que não soluciona a interferência entre as tubulações, visto que ambas saem na mesma altura



O problema encontrado é apresentado nas Figuras 4.49, 4.50 e 4.51 em sua visualização tridimensional, com uma solução adotada pelo modelador.

Figura 4.49 - Vista das saídas de água fria

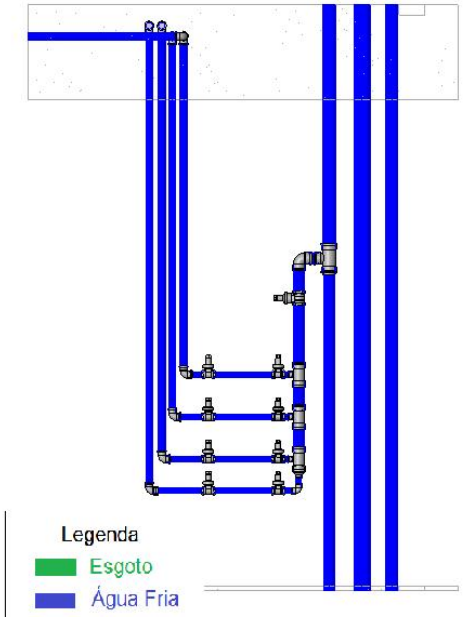


Figura 4.50 - Isométrico 3D das saídas de água fria

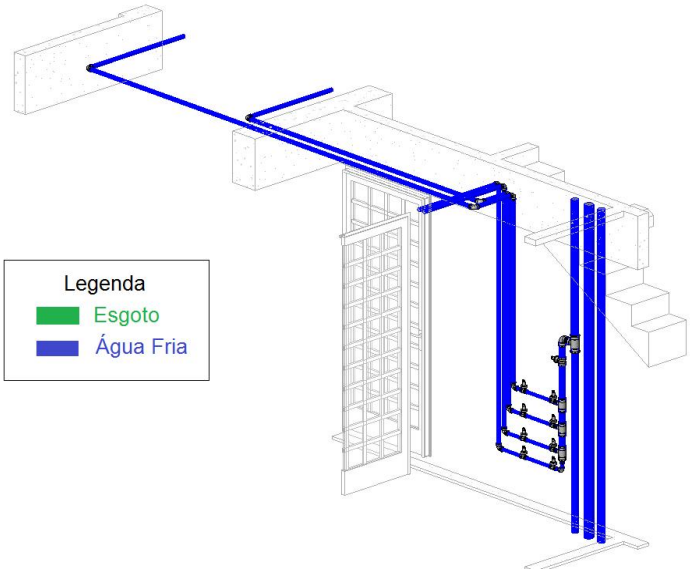
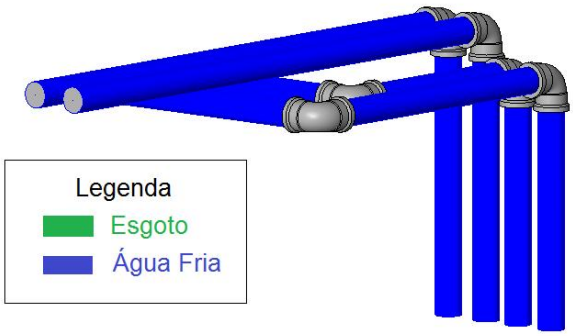


Figura 4.51 - Detalhe das saídas de água fria



Na Figura 4.52 está o detalhe da VRP localizada no 7º pavimento. A alimentação dos pavimentos inferiores está posicionada no mesmo local da tubulação de recalque. Esta interferência é confirmada na Figura 4.53, que mostra a posição das prumadas de alimentação e de recalque onde percebe-se que não possui espaço para a continuação da prumada de alimentação, visto que ela é deslocada para a esquerda.

Figura 4.52 - Tubulação da VRP intercepta a tubulação de recalque

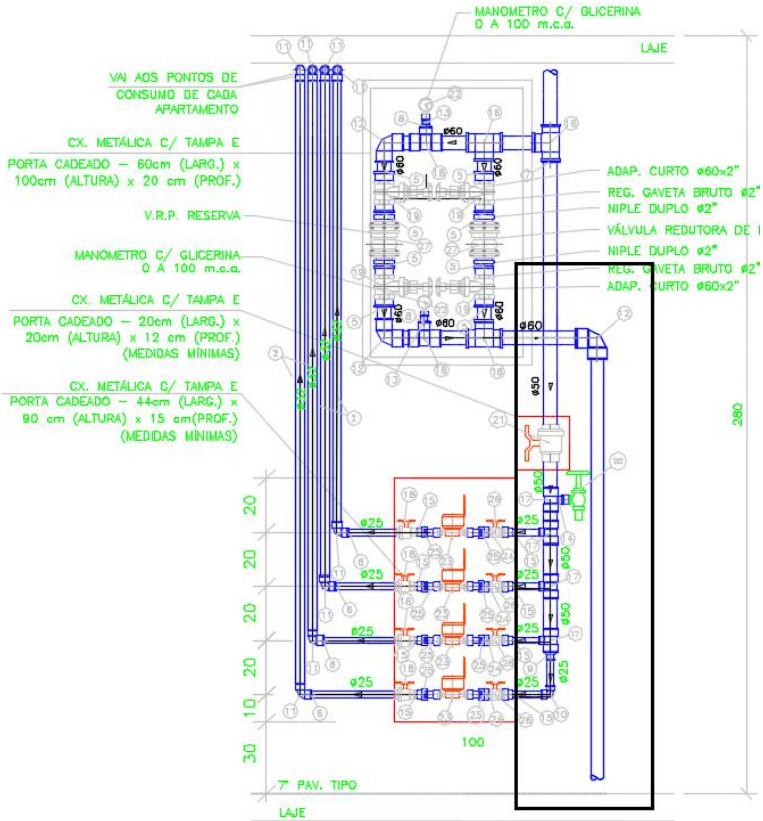
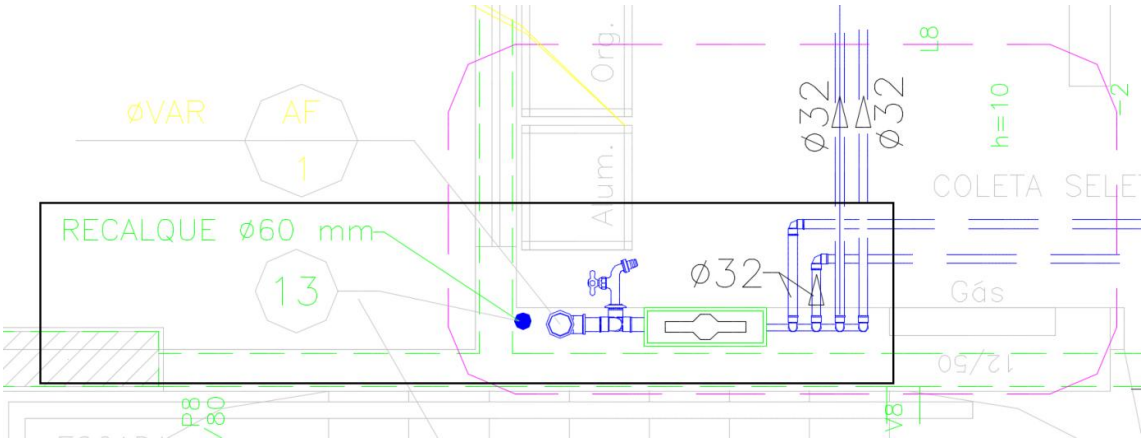
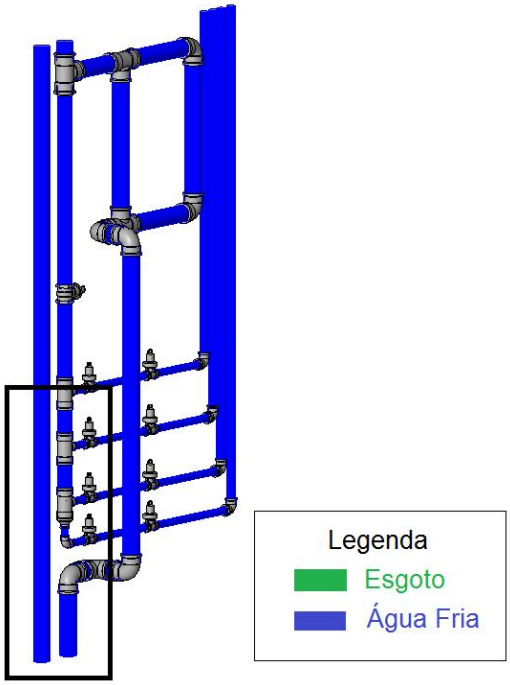


Figura 4.53 - Detalhe mostra que a tubulação de alimentação do 6° pavimento para baixo e da tubulação de recalque estão no mesmo local



Na Figura 4.54 é mostrada a tubulação de alimentação para os apartamentos abaixo do 7º pavimento.

Figura 4.54 - Detalhe da tubulação de alimentação dos pavimentos inferiores ao 7º



Os dois últimos pavimentos possuem prumada diferente dos demais, representado na Figura 4.55. Porém o projeto mostrado na Figura 4.53 representa todos os pavimentos tipo, portanto falta a representação da prumada que alimenta do 15º ao 1º andar. Sua modelagem é mostrada na Figura 4.56.

Figura 4.55 - Prumadas de alimentação dos apartamentos. A da esquerda alimenta do 15º pavimento abaixo, e a da direita o 16º e 17º

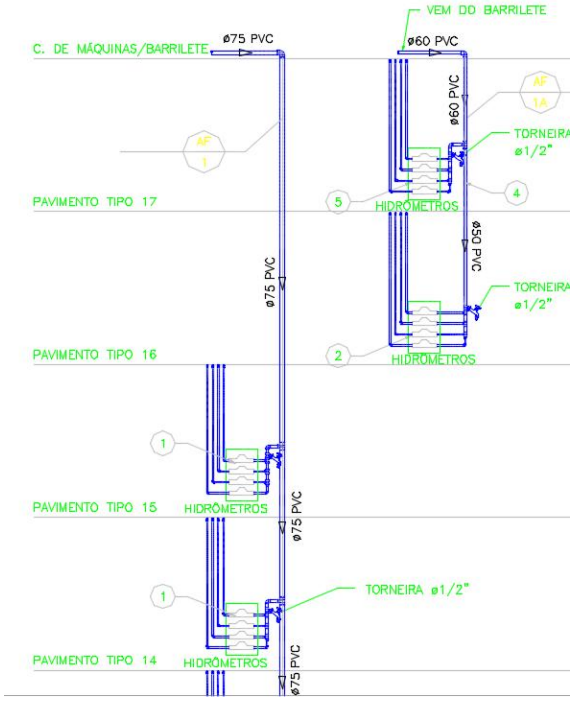
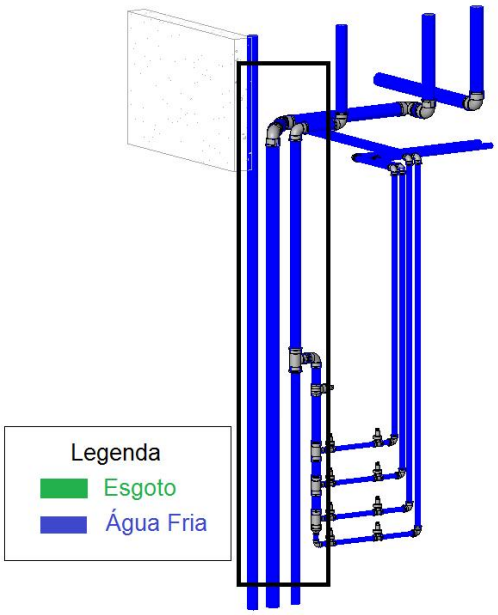


Figura 4.56 - Tubulação de alimentação dos dois últimos pavimentos



Verificou-se uma interferência entre a tubulação de água fria que alimenta os banheiros com a tubulação de esgoto da máquina de lavar roupas do pavimento superior. Na Figura 4.57 e Figura 4.58 apresenta-se esse problema.

Figura 4.57 - Tubulação de água fria que alimenta os banheiros, destacando região de interferência com a tubulação de esgoto da máquina de lavar roupas

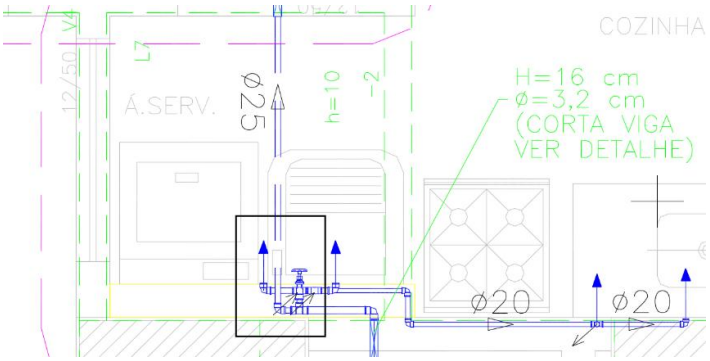
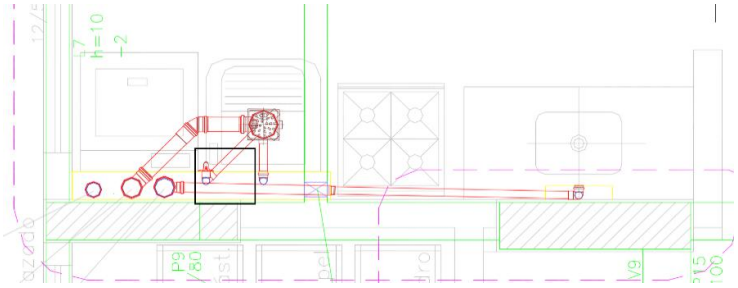
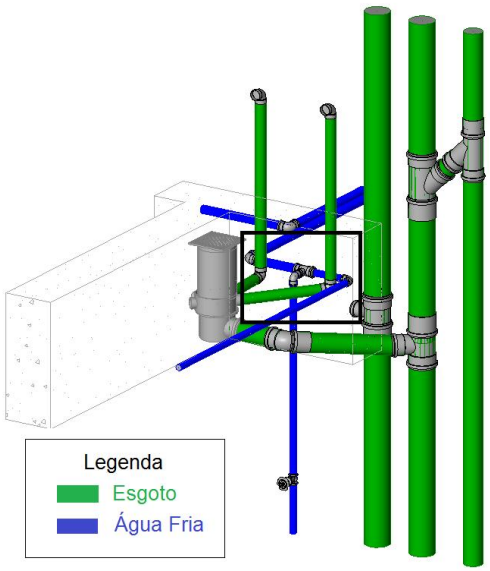


Figura 4.58 - Tubulação de esgoto destacando região de interferência com a alimentação



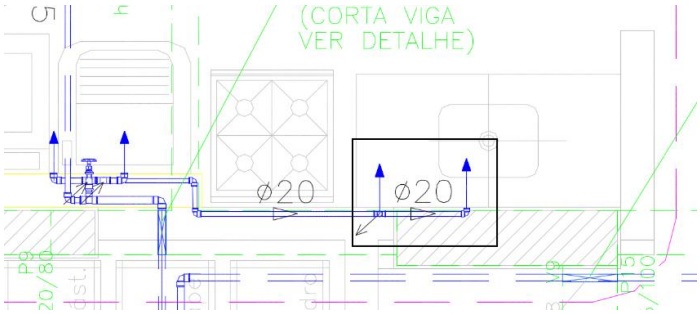
Na Figura 4.59 é mostrada uma possível solução para a incompatibilidade apresentada.

Figura 4.59 - Detalhe do encontro das tubulações de água fria que alimenta o banheiro com o do esgoto do pavimento inferior



Verificou-se uma interferência entre a tubulação de água e o pilar P15. De acordo com o projeto, a tubulação está inserida no pilar, conforme Figura 4.60.

Figura 4.60 - Detalhe da tubulação de água fria entrando no pilar



Nas Figuras 4.61 e 4.62 são mostradas duas vistas da tubulação projetada dentro do pilar, porém com uma solução adotada pelo modelador, onde as tubulações foram dispostas na face do pilar.

Figura 4.61 - Vista da tubulação da pia que passa por dentro do pilar

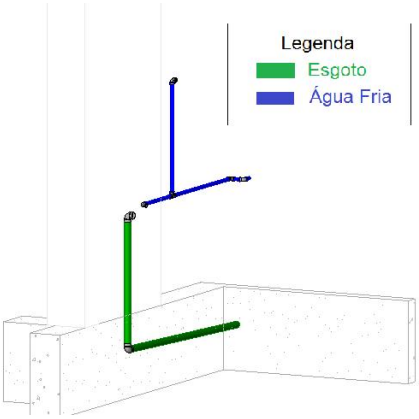
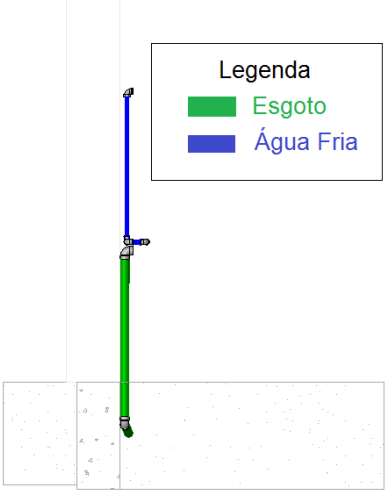


Figura 4.62 - Vista lateral da tubulação com solução adotada pelo modelador



Observou-se uma interferência entre o fechamento da ventilação primária com a tubulação de água fria do 17° Pavimento. Na Figura 4.63 é mostrada a planta do barrilete com o fechamento da ventilação, na Figura 4.64 tem-se a vista desse fechamento, mostrando que a tubulação está abaixo da laje e na Figura 4.65 a indicação da tubulação de água fria que passa abaixo da laje do barrilete para alimentar os apartamentos do 17º pavimento, demonstrando assim o conflito encontrado na modelagem.

Figura 4.63 – Planta do barrilete com destaque para fechamento da ventilação

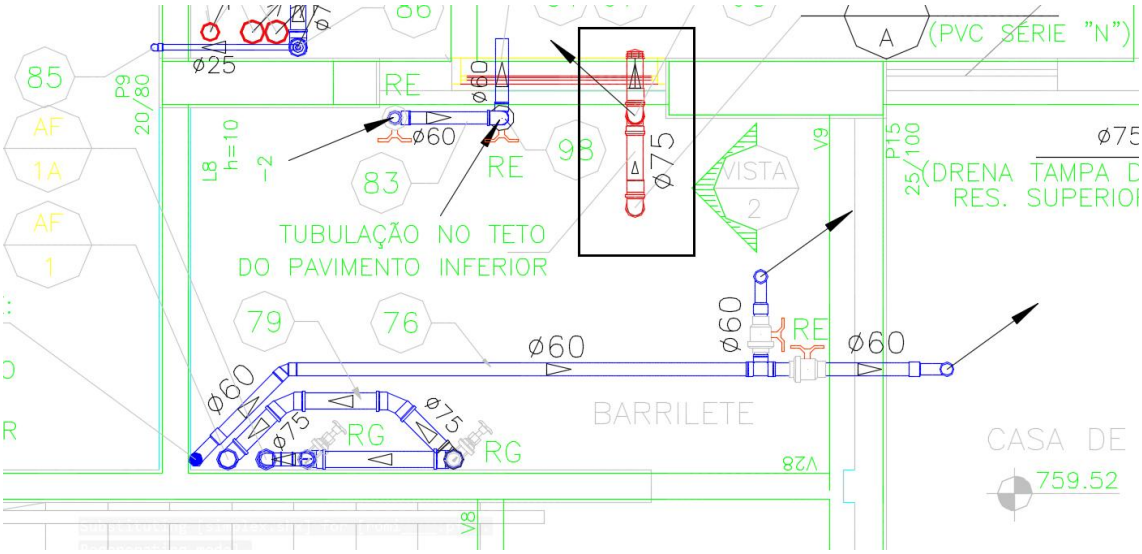


Figura 4.64 - Vista da ventilação

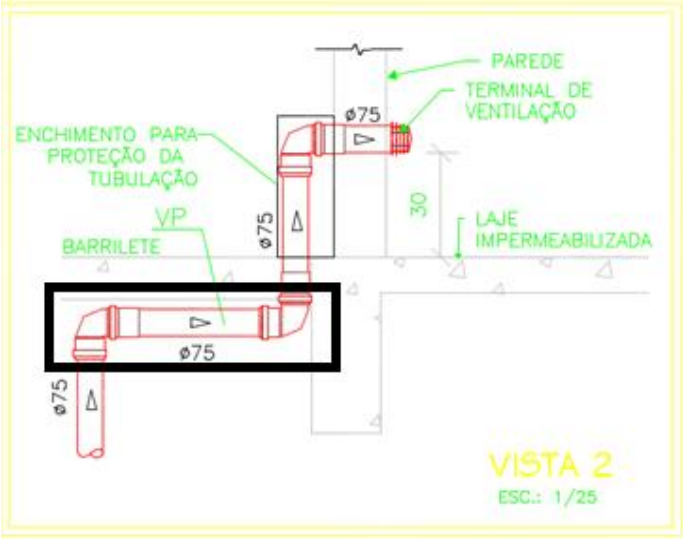
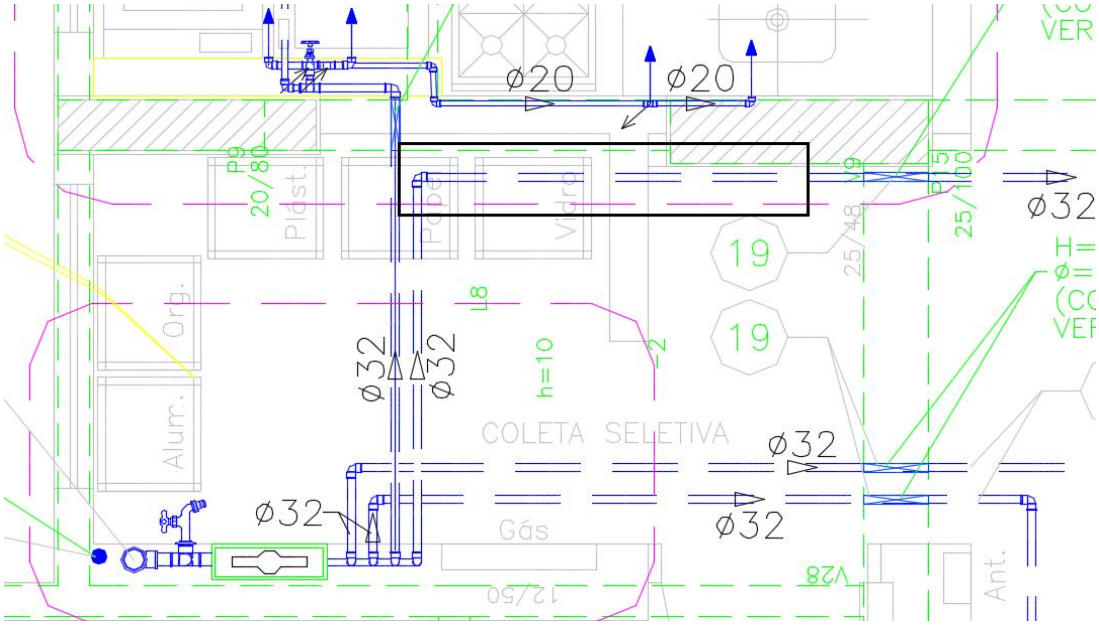
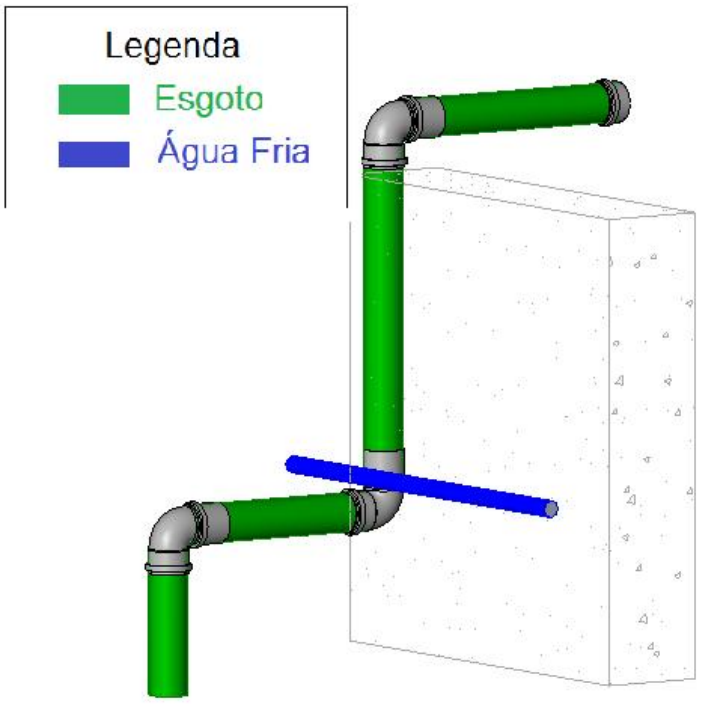


Figura 4.65 - Indicação da posição da tubulação de água fria que intercepta a de ventilação



Na Figura 4.66 tem-se uma vista do fechamento da tubulação de ventilação, com uma solução adotada para a interferência encontrada.

Figura 4.66 - Vista da tubulação de ventilação (na cor branco) e de água fria (na cor marrom) na cobertura



Foi identificado um posicionamento da caixa de gordura da pia do salão de festas, da caixa sifonada e das saídas das bacias sanitárias em cima de vigas baldrames, conforme pode ser percebido nas Figuras 4.67, 4.68 e 4.69.

Figura 4.67 - Caixa de gordura posicionada em cima da viga

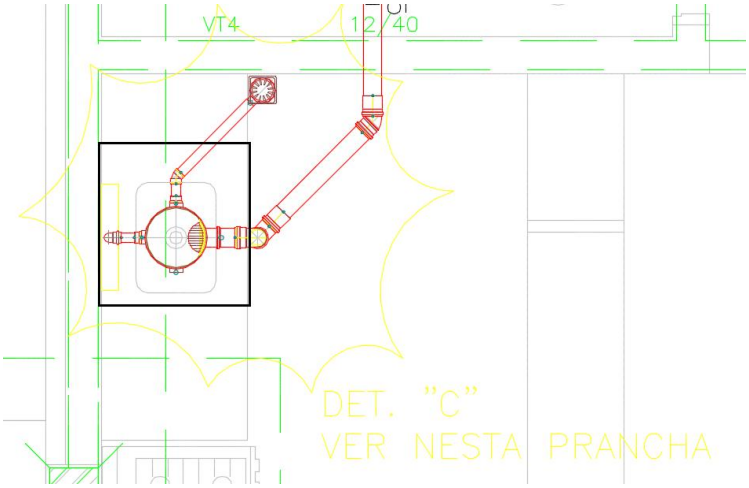


Figura 4.68 - Saídas das bacias sanitárias e caixa sifonada posicionada no mesmo local que a viga baldrame

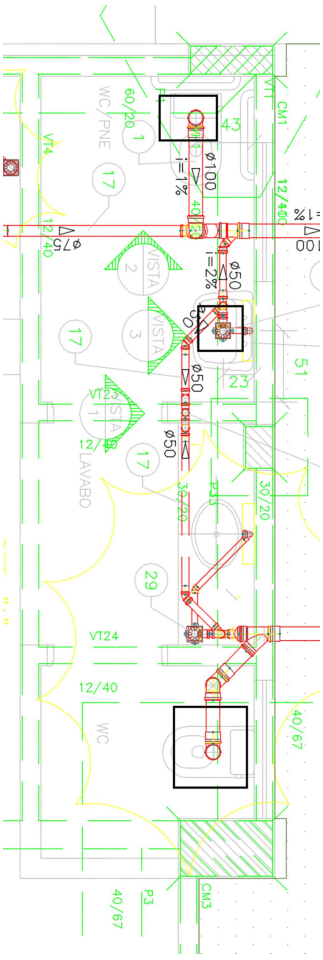
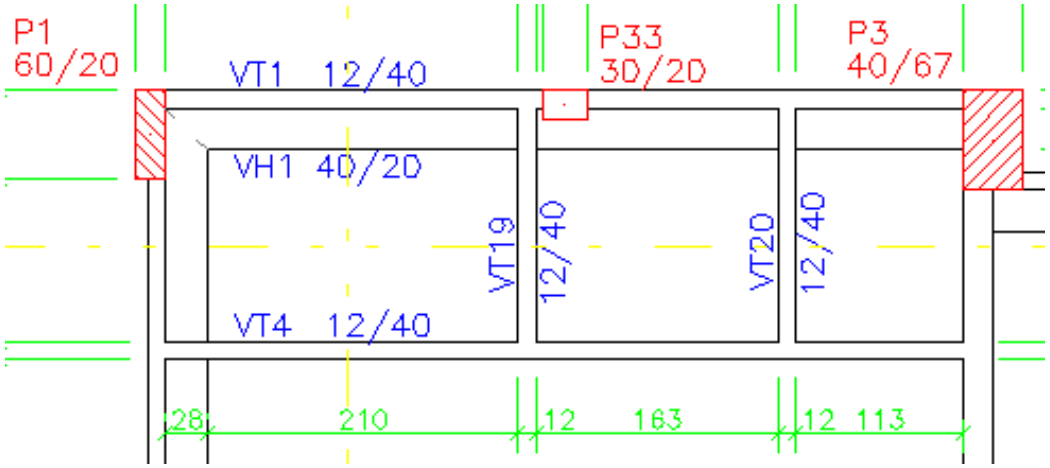


Figura 4.69 - Planta de forma com enfoque na viga VH1 que gerou interferência com a saída da bacia sanitária



Nas Figuras 4.70 e 4.71 é mostrada a modelagem das caixas sifonadas e da estrutura, com uma solução adotada pelo modelador com o propósito de eliminar a incompatibilidade encontrada.

Figura 4.70 - Modelagem da caixa sifonada projetada em cima da viga baldrame

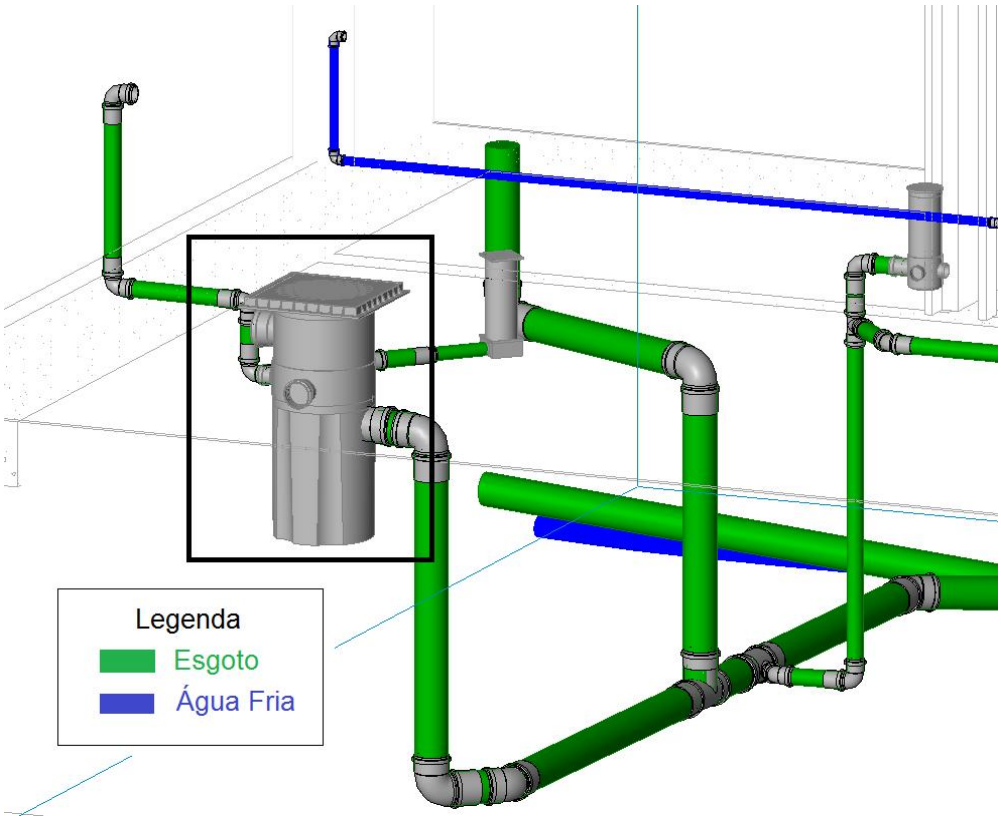
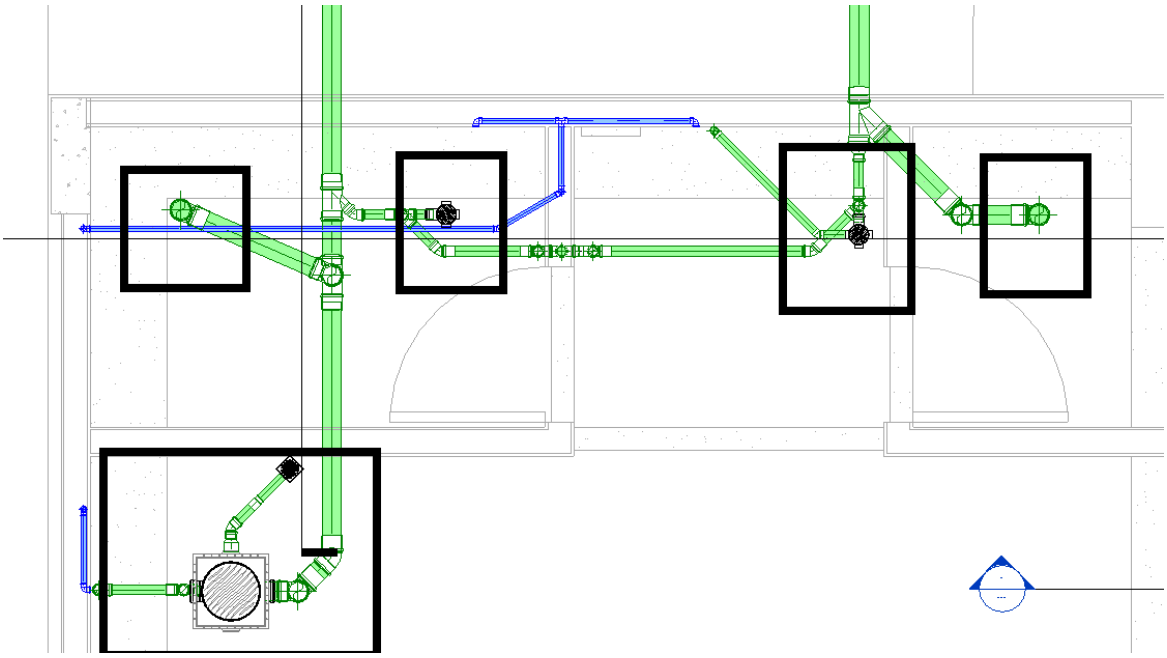
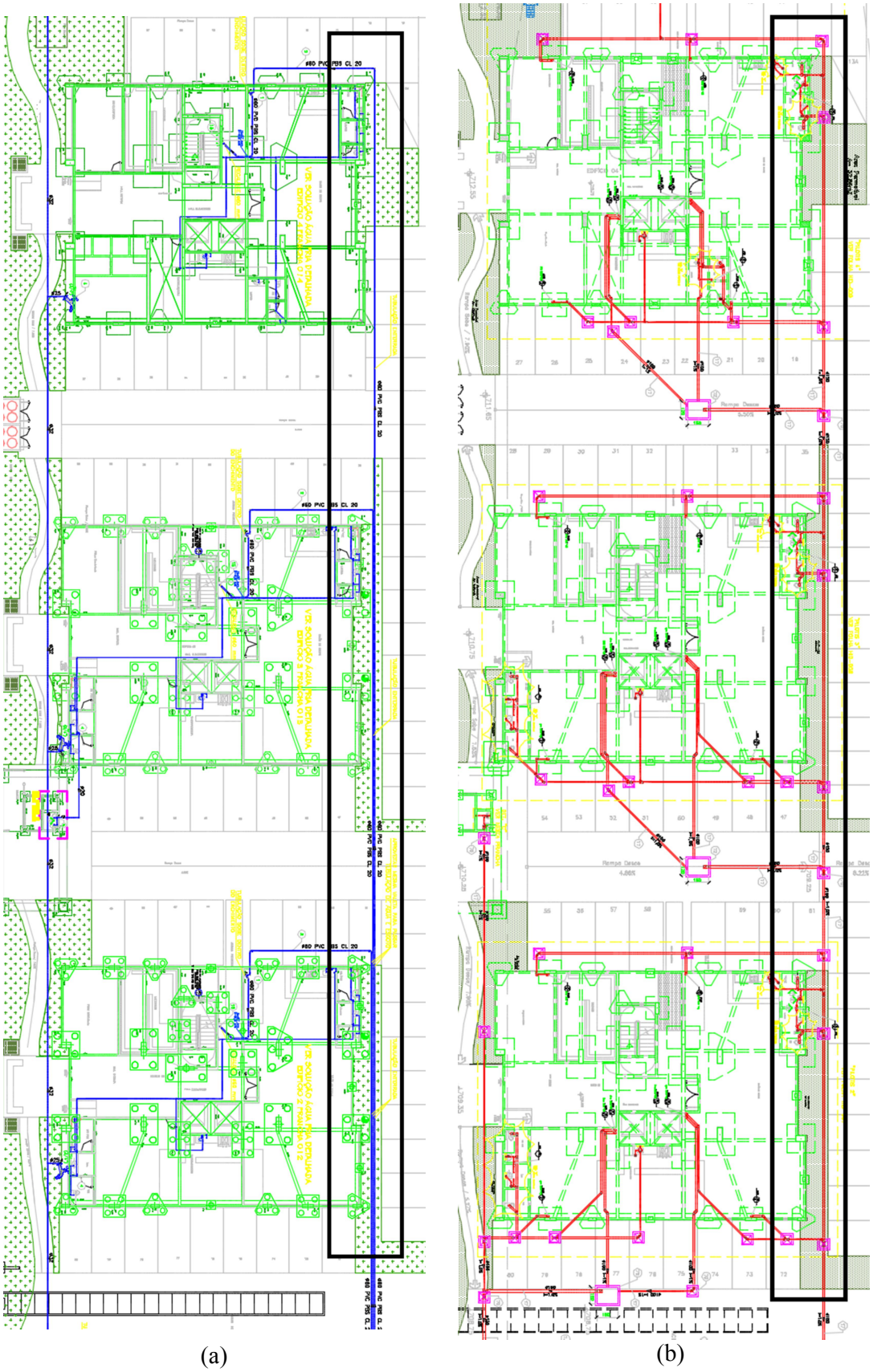


Figura 4.71 - Vista das caixas de gordurae sifonada conflitantes com viga baldrame com solução adotada pelo modelador



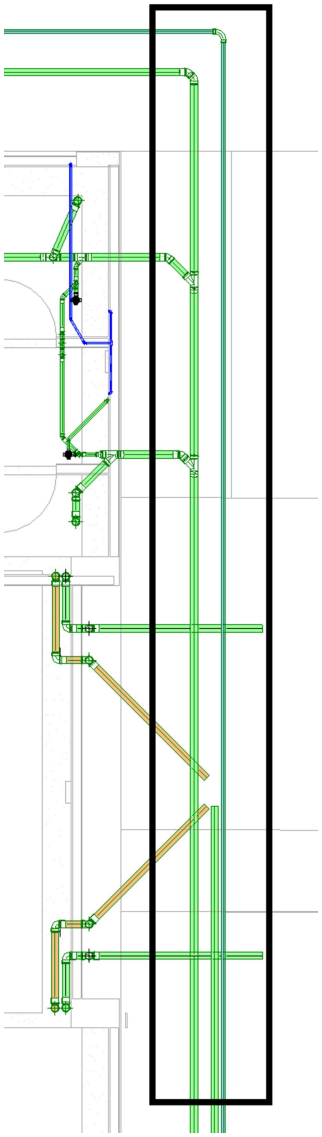
Identificou-se uma incompatibilização entre a tubulação de água fria que alimenta as torres 2, 3 e 4 com coletores e caixas de passagem do sistema de esgoto sanitário. Na Figura 4.72 são apresentadas as tubulações que apresentam interferência e na Figura 4.73 a modelagem das mesmas com solução adotada pelo modelador.

Figura 4.72 - (a) Posição da tubulação de recalque. (b) Posição da tubulação de esgoto



(a) (b)

Figura 4.73 - Tubulações de água e de esgoto com solução adotada para a incompatibilidade



Foram verificados condutores verticais de água pluvial no mesmo local da viga baldrame do pilotis. Nas Figuras 4.74 e 4.75 é mostrado o problema descrito e na Figura 4.76 a modelagem desse trecho mostrando a incompatibilidade.

Figura 4.74 - Tubulação de água pluvial posicionada sobre a viga baldrame

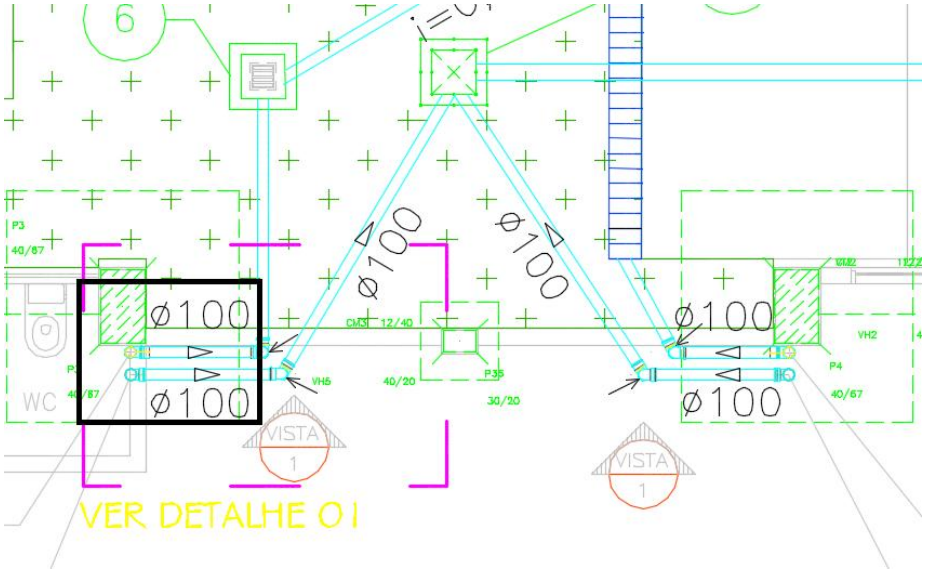


Figura 4.75 - Forma das vigas baldrames com destaque para a viga com interferência

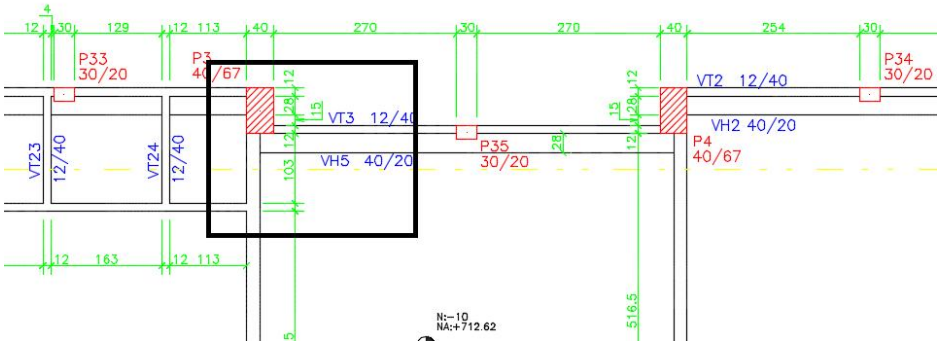
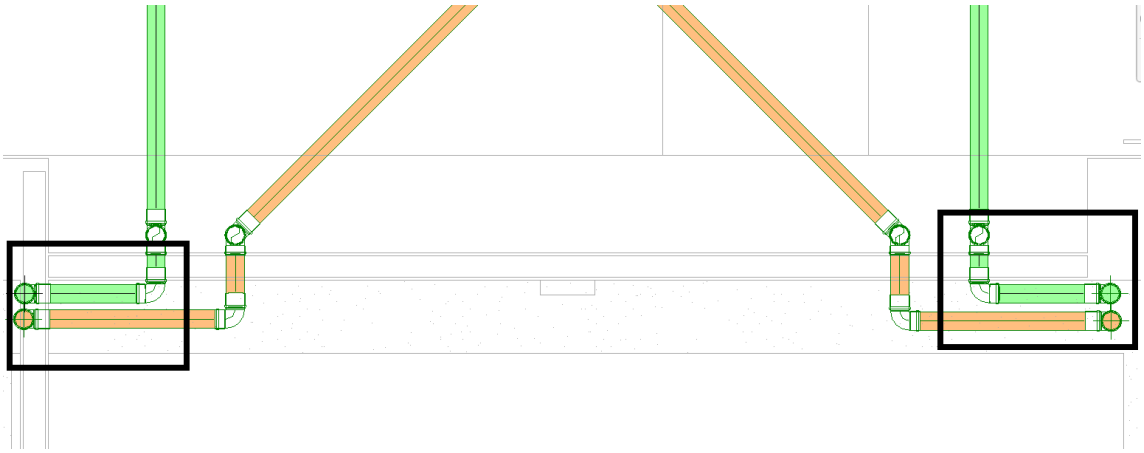


Figura 4.76 - Vista da interferência dos condutores verticais de água pluvial com as vigas baldrames



4.4 SOLUÇÕES ADOTADAS EM OBRA

Mediante a modelagem virtual da edificação e a execução do empreendimento terem ocorrido concomitantemente, foi possível visitar a obra para verificar quais soluções foram adotadas para as incompatibilidades e faltas de informações. A seguir as soluções serão discorridas.

Na Figura 4.77 tem-se a ventilação executada acima do nível da tubulação de esgoto que impossibilita a entrada de sólidos e líquidos, desse modo atende a NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução.

Essa solução é diferente da concebida no projeto, visto que na Figura 4.14 tem-se o projeto indicando a execução do ramal de ventilação no mesmo nível da tubulação de esgoto.

Figura 4.77 - Sistema de ventilação obedecendo a norma e contrário ao projeto.

Já a interferência entre a água fria e o pilar P15 (Figura 4.60), foi resolvida com um enchimento abaixo da pia, conforme Figura 4.78 a seguir.

Figura 4.78 - Abaixo da pia foi necessário um enchimento para colocar a tubulação de água fria que no projeto passava dentro do pilar

A informação errada passada pelo projeto a respeito das alturas das tubulações (Figura 4.48) levou a dois problemas encontrados em obra. Primeiro a desorganização na disposição dos tubos mostrados na Figura 4.79 e na Figura 4.80 tem-se a interferência dessas tubulações levando à necessidade de adotar uma solução que gerou tensionamento, o que aumenta a chance de patologias.

Figura 4.79 - Solução adotada em obra para tubulações que saem do hidrômetro e abastecem os apartamentos

Figura 4.80 - Encontro de duas tubulações em um mesmo ponto levando a um aumento da declividade em uma delas

Na Figura 4.27 é mostrada a falta de informação acerca do posicionamento da tubulação enterrada. Gerou-se dúvida se ela passa por baixo ou se corta a viga cortina. Conforme notado anteriormente, a execução por baixo da viga é inviável, e na obra optaram pelo corte conforme visto nas Figuras 4.81 e 4.82.

Figura 4.81 – Tubulação temporária para lavagem dos apartamentos. Vista lateral da tubulação.

Figura 4.82 - Tubulação temporária para lavagem do apartamento. Vista frontal da tubulação.

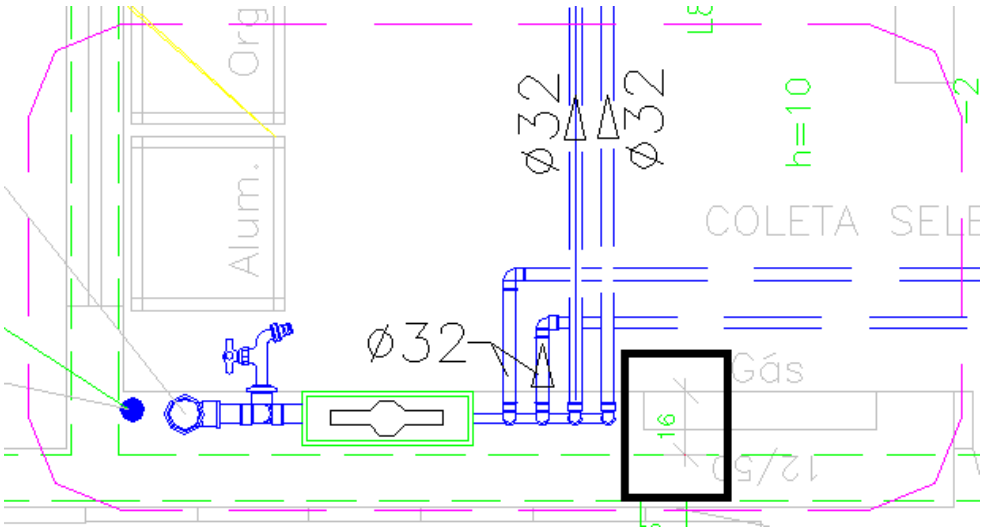
A tubulação observada na Figura 4.81 mostra a tubulação temporária que foi executada para poder lavar os apartamentos. Até o momento deste trabalho o engenheiro responsável pela execução da obra afirmou que a solução final será uma parecida a esta.

A interferência encontrada entre a tubulação que sai da VRP e a tubulação de recalque já estava executada e fechada com alvenaria, não sendo, portanto, visível a solução adotada. Porém, foi notado que a alvenaria estava com uma largura de 22cm enquanto no projeto determinava 16cm, conforme fotos a seguir.

Figura 4.83 - Foto da válvula redutora de pressão

Figura 4.84 - Foto mostrando a medição da profundidade da parede (22cm)

Figura 4.85 - Detalhe com enfoque na espessura da parede



De acordo com a NBR 8160, as tubulações de esgoto não devem ser executadas com curvas maiores que 45º. As Figuras 4.86 e 4.87 mostram tubulações executadas conforme projeto (Figura 4.19) e em desacordo com a norma.

Figura 4.86 - Desvio a 90º em tubulações de esgoto

Figura 4.87 - Tubulações com curva a 90º

Na Figura 4.87 observa-se também que a execução da ligação da pia com o subcoletor foi diferente do que estava mostrado tanto na planta (Figura 4.25), quanto na vista (Figura 4.24).

Na Figura 4.22 é mostrado parte do projeto em que não determina qual tubulação se encontra em nível superior a outra. Na obra foi determinado solução presente na Figura 4.88.

Figura 4.88 - Arranjo executado da tubulação de esgoto

Na Figura 4.89 é mostrado o vazio presente no projeto estrutural (Figura 4.32) e não detectado pelo hidráulico (Figura 4.33).

Figura 4.89 - Vazio do reservatório não detectado pelo projeto hidráulico

Na Figura 4.57 é mostrada a interferência entre a tubulação de água fria com a de esgoto da área de serviço. Na Figura 4.90 é mostrada a solução adotada em obra, em que a tubulação de água fria foi deslocada.

Figura 4.90 - Solução adotada em obra para interferência entre água fria e esgoto

4.5 BENEFÍCIOS E DIFICULDADES

Neste item será discorrido sobre os benefícios e dificuldades encontradas durante a modelagem do edifício, abrangendo o aprendizado na utilização do *software* e erros que o mesmo gera e que dificultam o trabalho.

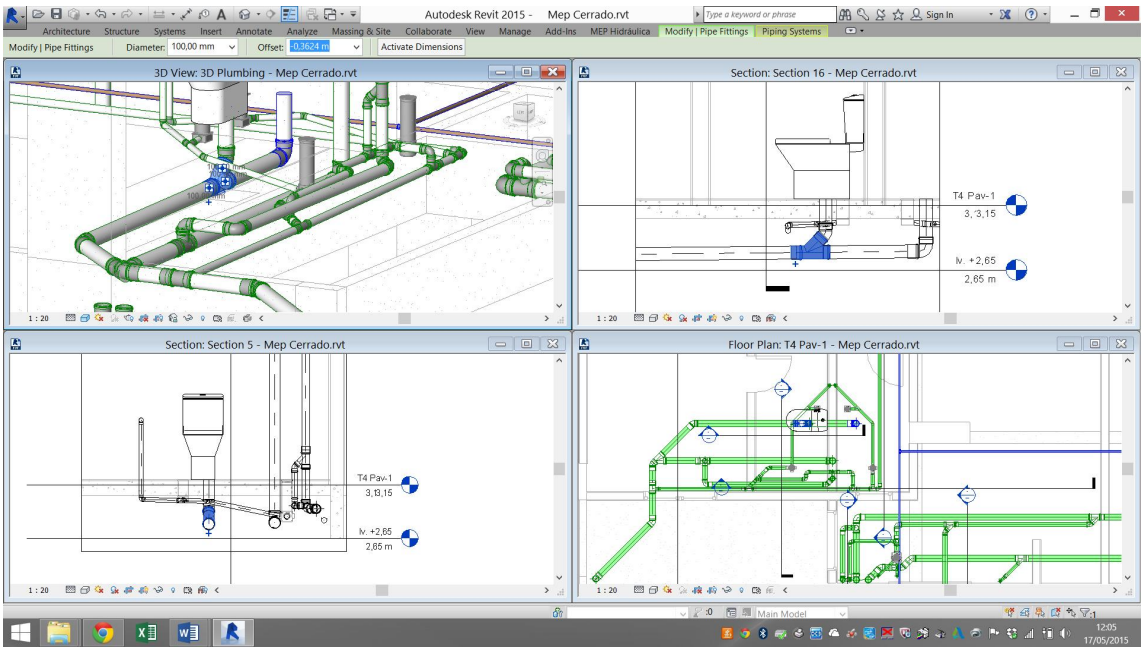
4.5.1 Benefícios

A construção virtual do estudo de caso obrigou ao modelador fazer a leitura e a revisão de todos os projetos e identificar os problemas apresentados anteriormente no item 4.3. Deste modo ocorre a antecipação destes antes da execução, ficando assim a cargo do projetista encontrar a melhor solução, diferente do que acontece atualmente, em que esta função fica sob responsabilidade dos executores.

O software que foi utilizado para a modelagem apresenta uma grande facilidade que é a de obter várias visualizações simultâneas sobre o modelo. Pode-se ter assim várias vistas,

cortes, planta baixa e 3D abertos concomitantemente. A Figura 4.91 ilustra a *printscreen*, com uma vista na transversal, na longitudinal, planta baixa e 3D do fechamento da tubulação do banheiro suíte.

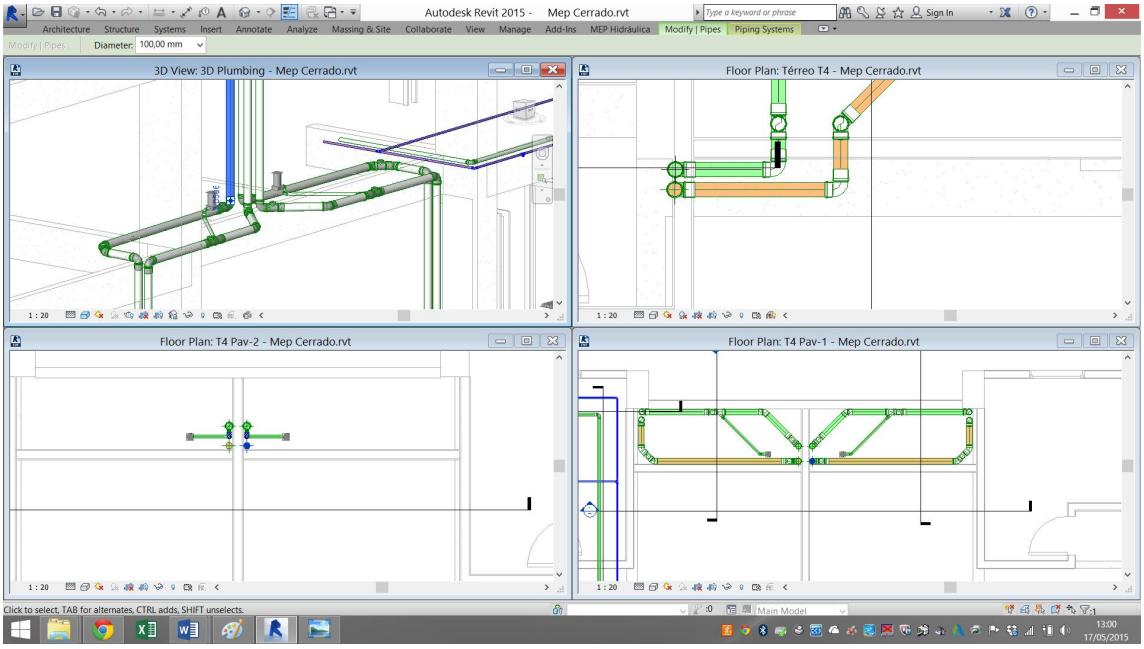
Figura 4.91 - *Printscreen* com diferentes visualizações



Com a possibilidade de ter variadas vistas sobre o modelo ou parte dele, obtém-se alta precisão de construtibilidade. A visualização do tamanho das peças, a certeza do encaixe correto e da sua localização no espaço, compatível com o que foi proposto, facilitam durante o processo de projeto. Em comparação com o 2D, percebe-se que o "papel" aceita tudo, já que nem todas as dimensões das peças estão representadas.

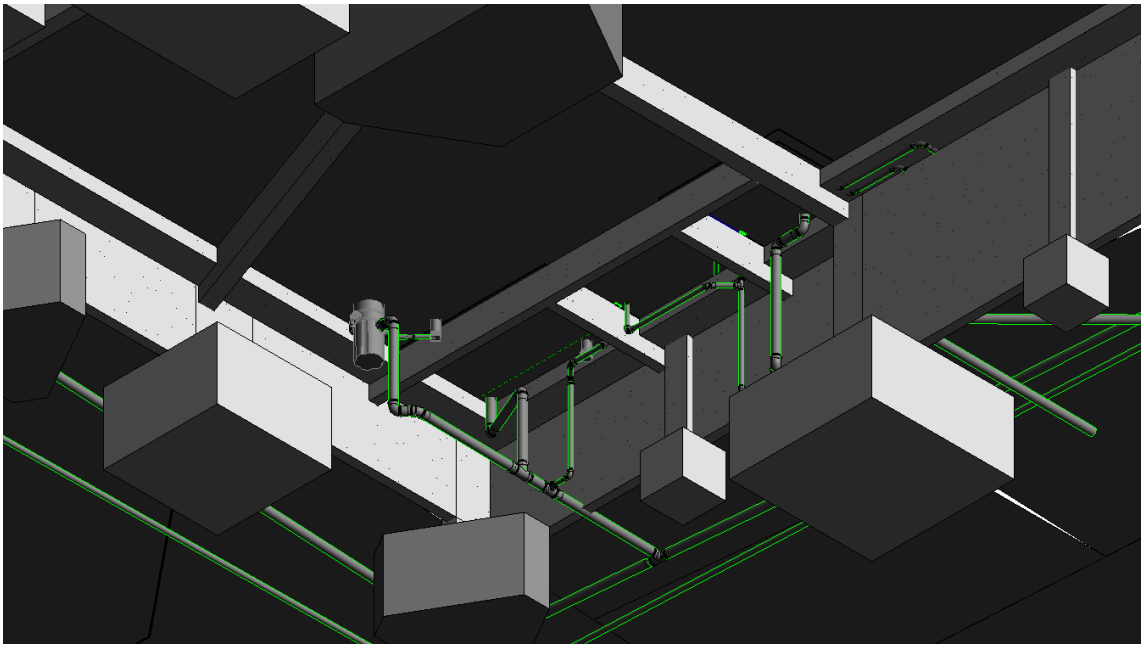
Além da visualização em diversos formatos de um único ambiente, pode-se obter a visualização de vários ambientes ao mesmo tempo. Este recurso mostrou-se de grande importância para a análise da melhor posição das prumadas, de maneira a atender bem a todos os cômodos, podendo visualizar toda a interação da prumada com o restante dos projetos. A seguir, a Figura 4.92 com o *printscreen* do modelo com janelas contendo o 3D, 1° Pav, 2° Pav e Térreo da prumada de água pluvial das sacadas. Percebe-se que o desvio da prumada que acontece no teto do térreo desvia a tubulação para cima da viga que fica no térreo.

Figura 4.92 - *Printscreen* com abas em diferentes ambientes



Outra característica bastante precisa é a altura de furação das vigas. No sistema sanitário ocorrem variadas inclinações que dificultam uma análise das furações em um projeto 2D. O modelo traz uma análise prévia das furações reais em vigas. A seguir foto com a posição da furação da viga baldrame e da interação da tubulação com os blocos de fundação (Figura 4.93).

Figura 4.93 - Interação do sistema sanitário com estrutural



A seguir imagens geradas do modelo que mostram como é a visualização do projeto quando este está pronto.

Figura 4.94 - Detalhe do sistema sanitário de um banheiro no primeiro pavimento.

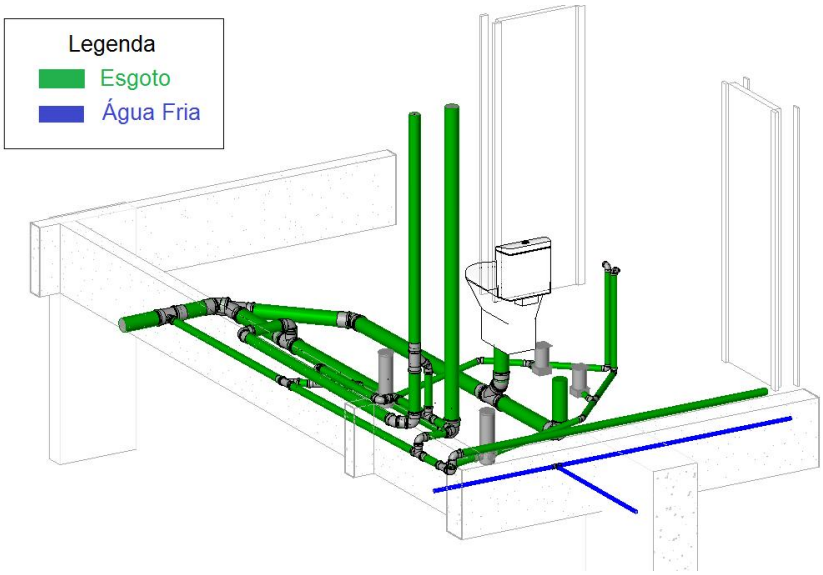


Figura 4.95 - Diferente vista do sistema sanitário de um banheiro no primeiro pavimento.

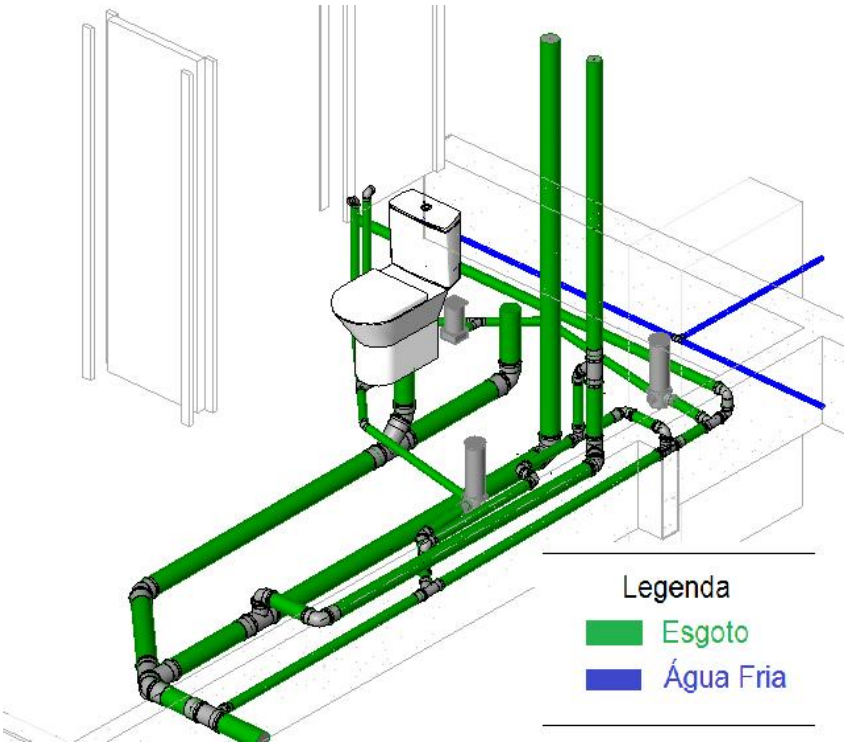
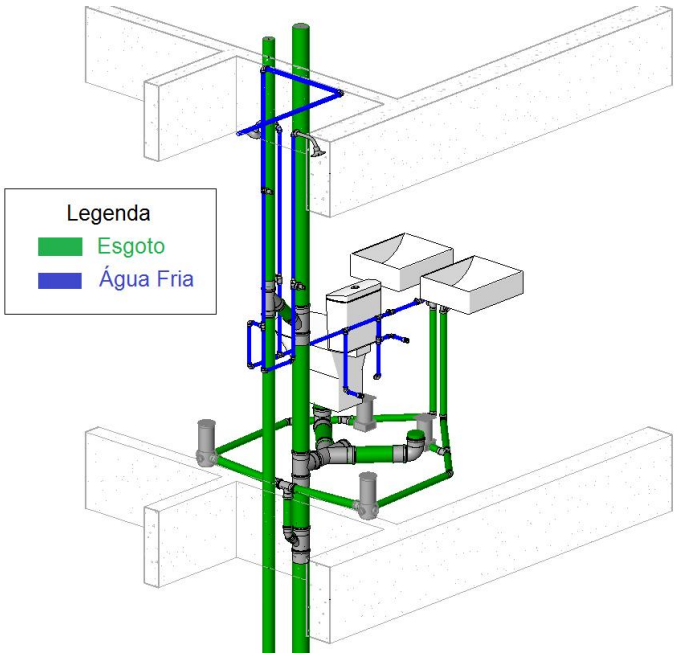


Figura 4.96 - Vista do sistema hidrossanitário do banheiro tipo.

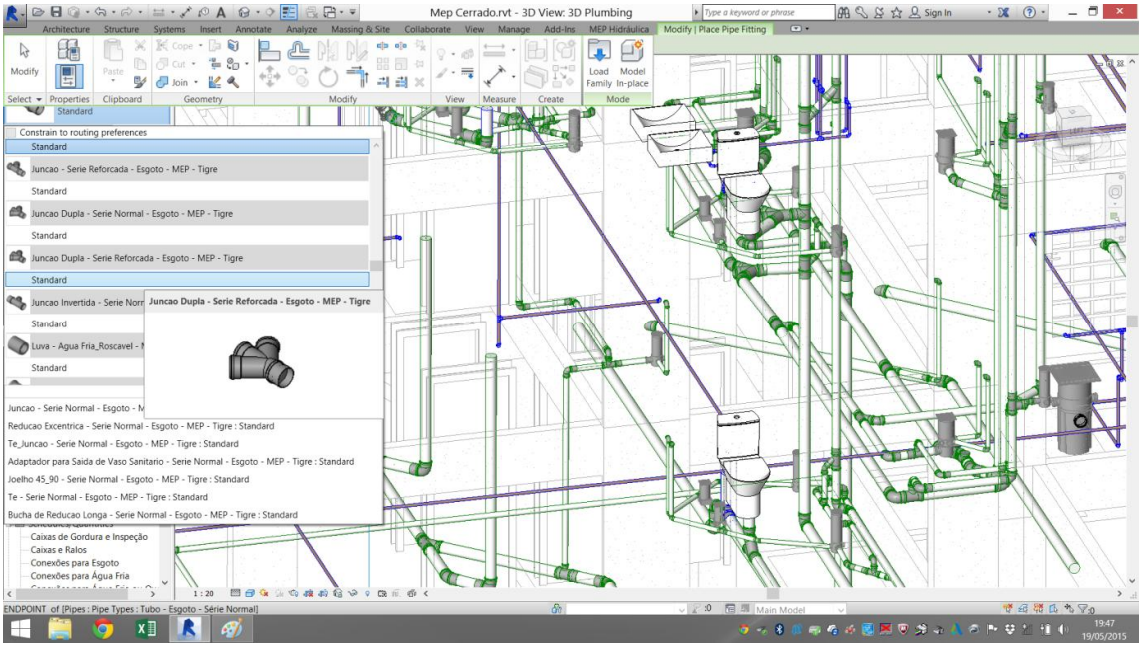


4.5.2 Dificuldades encontradas durante a Modelagem

O *software* Revit apresentou além dos muitos benefícios, alguns erros da ferramenta e dificuldades para o modelador, que com experiência inicial pode não saber a melhor maneira de modelar. Com fins didáticos são relatadas as dificuldades obtidas durante o processo de modelagem.

A primeira dificuldade enfrentada foi encontrar as famílias que representam os produtos brasileiros. Alguns fabricantes nacionais iniciaram a disposição dos seus produtos, como o caso da Tigre em que todos os produtos ofertados pela mesma têm correspondentes no *software* (Figura 4.97).

Figura 4.97 - Exemplos de produtos da Tigre disponíveis em famílias



Outras dificuldades recorrentes durante a modelagem foram a não conexão automática das peças e a desconexão de outras durante a inserção. As Figuras 4.98 e 4.99 mostram, respectivamente, aviso de que as peças serão desconectadas se a modelagem prosseguir e exemplo de desconexão. Este problema ocorre devido às inclinações necessárias nas tubulações de esgoto e de água pluvial. Se as tubulações ficarem desconectadas ocorrem muitos problemas em relação à automatização do processo, pois ao movimentar um sistema totalmente conectado todos os elementos se realocam para a nova posição, enquanto peças desconectadas permanecem na posição anterior ao movimento.

Figura 4.98 - Aviso gerado quando há necessidade de desconectar elementos

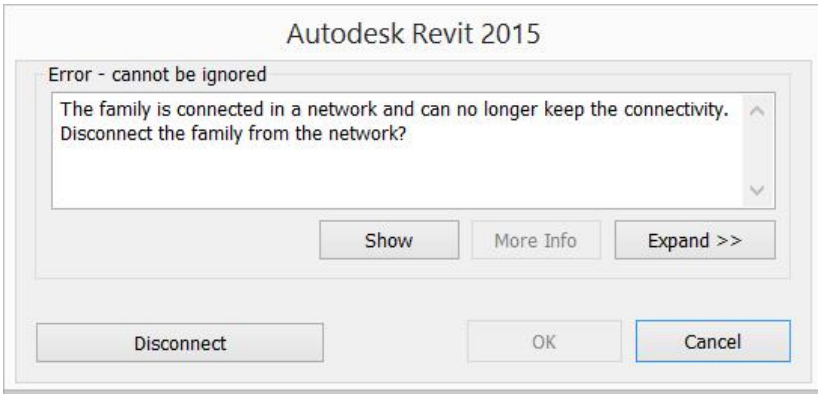
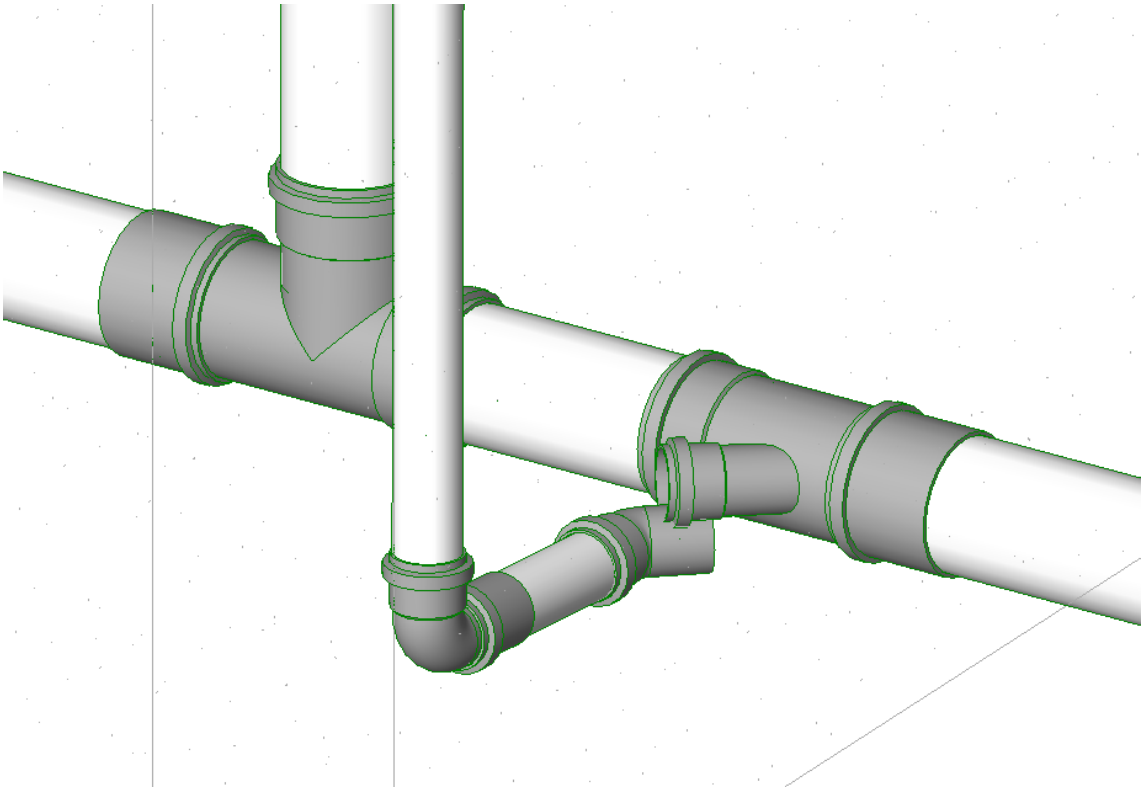
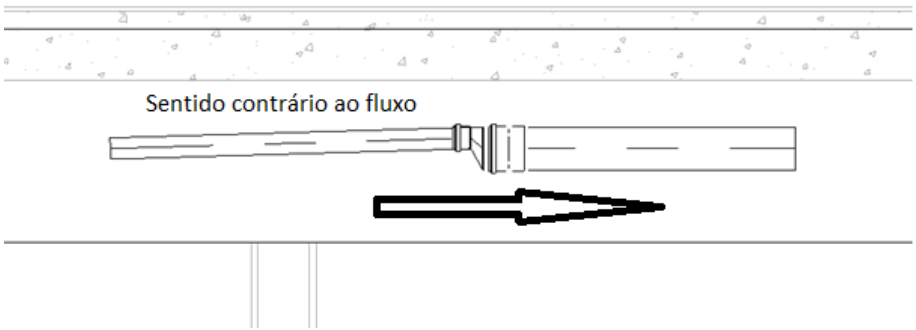


Figura 4.99 - Elementos desconectados



Algumas famílias apresentam maior dificuldade de manipulação, como a de caixas sifonadas e ralos. Elas não se movimentam quando a tubulação é deslocada na horizontal ou na vertical, e quando a alteração é na mesma ocorre a desconfiguração do traçado da tubulação conectada a ela. Dificuldade semelhante é encontrada na família de redução excêntrica, a qual ao serem inseridos tubos desconfiguram-se as inclinações dos tubos conectados a mesma, invertendo a inclinação, como mostra a Figura 4.100.

Figura 4.100 - Inclinação desconFigurada devido a inserção de redução excêntrica



Quando o traçado de esgoto já está executado com uma certa inclinação, não foi encontrada possibilidade de mudança na inclinação de todos os tubos, desse modo é necessário apagar todo o executado e refazer com a inclinação correta. Perdendo muito tempo com esse retrabalho.

Durante todos esses momentos o Revit gera erros que não contribuem para a solução, devido ao fator não explicativo do diálogo de alerta. O modelador fica sujeito ao processo de tentativa e erro, até o *software* aceitar a solução proposta. As Figuras 4.101 e 4.102 mostram avisos de erro sem apresentar solução.

Figura 4.101 - Caixa de diálogo mostrando erro

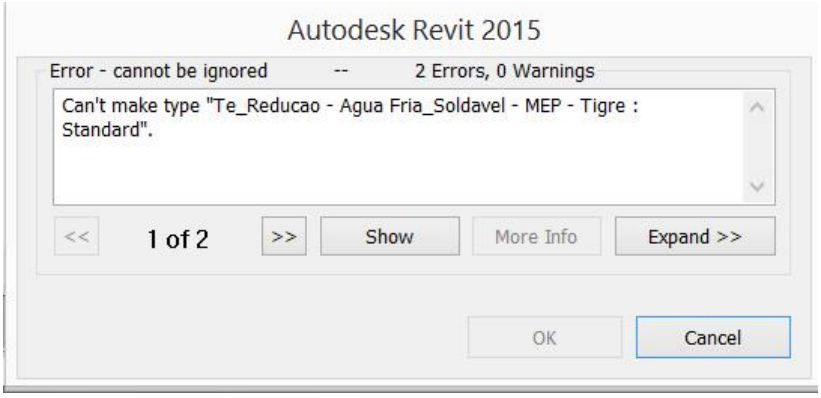
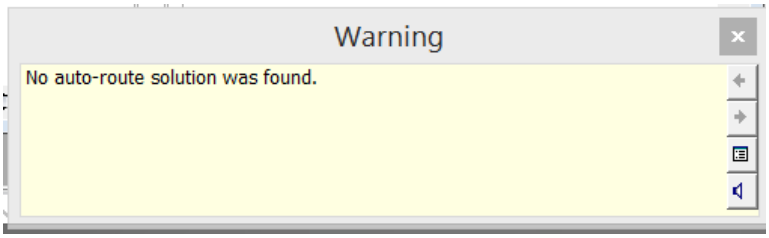


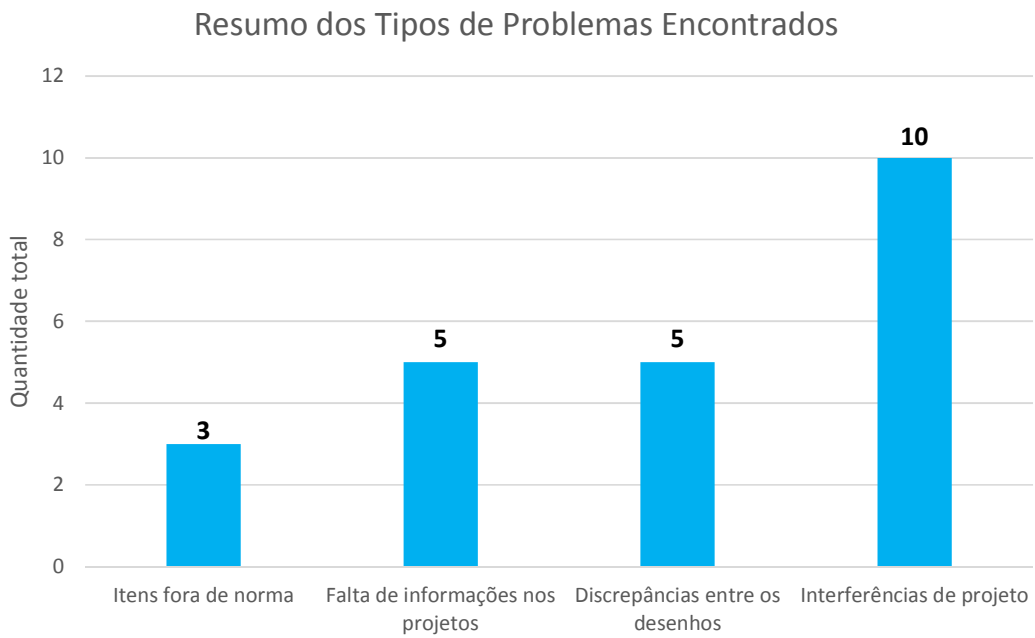
Figura 4.102 - Caixa de diálogo mostrando aviso



4.6 ANÁLISE GERAL DOS DADOS

Foram apresentados 23 problemas encontrados durante a modelagem, apresentados no gráfico da Figura 4.103 com a separação destes pela classificação. Ressalta-se que problemas que foram encontrados várias vezes, por exemplo, desvios de 90º, tubulação sem indicação de qual está acima da outra, foram contabilizados somente uma vez.

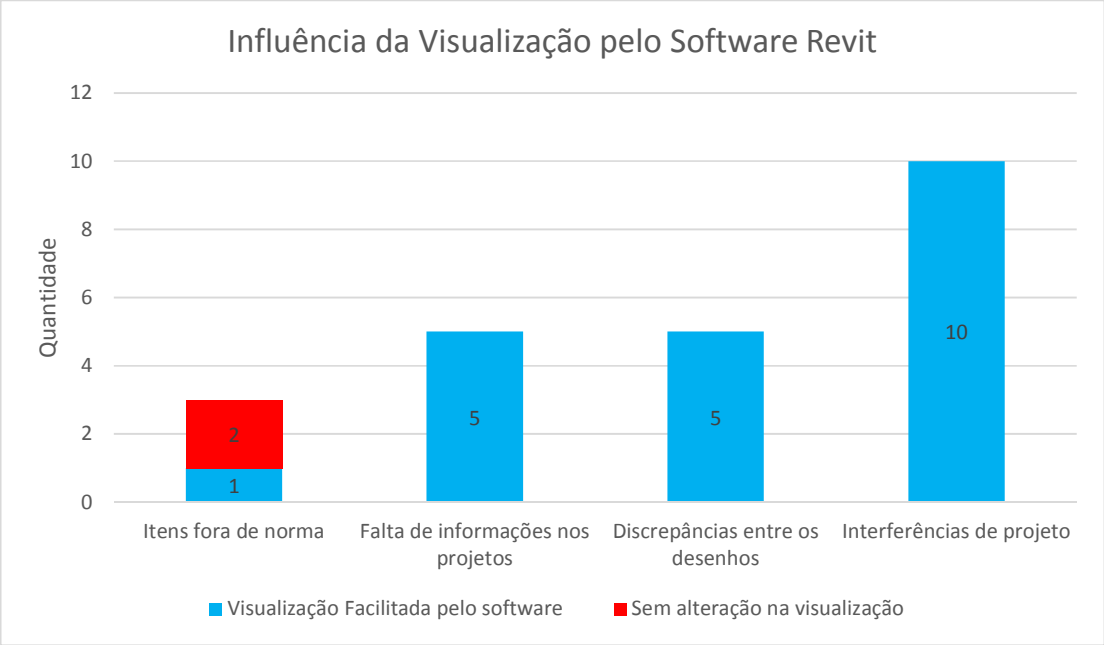
Figura 4.103 – Gráfico do resumo dos problemas encontrados por categoria de falhas



As discrepâncias entre os desenhos e a interferência de projeto que são, respectivamente, elementos gráficos que estão representados diferentes em duas disciplinas e a coexistência no mesmo espaço físico por dois ou mais elementos, representam 65% dos problemas apresentados. As conceituações destas duas classificações contemplam grande parte do conceito de incompatibilização presente no mercado, assim confirmou-se a hipótese de que estas duas tivessem a maior parcela dos problemas do projeto.

Destes problemas pode-se separar aqueles em que o Revit teve influência na prévia visualização e estão quantificados no gráfico da Figura 4.104.

Figura 4.104 – Gráfico da influência da visualização pelo uso do software Revit

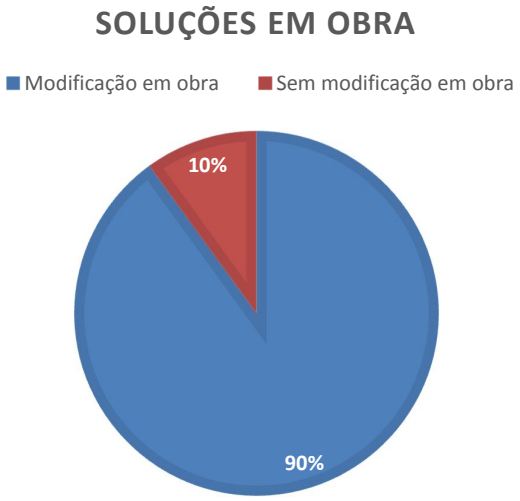


Percebe-se que a modelagem teve impacto na identificação de 100% dos itens de falta de informações, discrepâncias e interferências de projeto. Já a identificação dos itens fora de norma não foram afetadas pela modelagem e seriam facilmente percebidas tanto no projeto 2D quanto no 3D. No geral a modelagem teve grande influência na previsão de 90% dos problemas. Mesmo que a modelagem não tenha influenciado na visualização dos problemas fora de norma, a mesma pode melhorar o entendimento do projeto e dar base para que o projetista conceba outro traçado que atenda a norma.

A utilização do software não diminui a importância do projetista, pois o mesmo tem que visualizar, identificar os problemas e o principal, que é procurar a melhor solução que atenda ao projeto. Assim o software é mais uma ferramenta para melhorar a visualização e o entendimento do projeto, já o projetista é o fator que diferencia na qualidade do projeto.

Dos problemas que puderam ser verificados em obra, foram separados aqueles em que foi dada solução diferente à do projeto e aqueles em que foi mantida a do projeto, representados no gráfico da Figura 4.105.

Figura 4.105 – Gráfico do resumo das soluções encontradas em obra



Os 10% do gráfico que não teve modificação da solução em obra foi exatamente o item referente ao não atendimento à norma. Os outros 90% são referentes à falta de informação, discrepância e interferência no projeto e foram alteradas devido a impossibilidade de executar como está no projeto.

O item que desatende a norma é totalmente executável, e como possivelmente não passa por uma análise crítica dos engenheiros e os executores desconhecem os aspectos da norma, eles mantêm a solução adotada em projeto. Cabe ressaltar que a responsabilidade de conhecer e atender a todos os itens da norma é primeiramente do projetista, além do executor.

CAPÍTULO 5
CONCLUSÕES

O mercado de construção civil atualmente em Goiânia e em boa parte do Brasil está carente de projetos que antecipem os erros e que dêem soluções técnicas e econômicas. Deste modo muitos desperdícios, retrabalhos, perda de produtividade e outros são causados por causa do projeto. Para evitar estes problemas o projeto tem que ser melhorado, tanto na capacitação técnica dos projetistas quanto nas ferramentas utilizadas para sua produção.

Esta pesquisa procurou apresentar a visualização 3D dos problemas encontrados em projetos utilizando um software pertencente a plataforma BIM. A utilização de uma ferramenta que permite a visualização 3D, bem como a concepção de projetos de diferentes áreas em um mesmo ambiente virtual, leva a uma real compatibilização entre os mesmos. Durante a modelagem, que é a construção virtual da obra, ocorre a previsão da maioria dos problemas que só seriam encontrados no canteiro, evitando assim a maioria dos tipos de perdas.

Para mostrar os benefícios da visualização, foi feito um estudo de caso, através da modelagem de um projeto pré-existente concebido em 2D. Caso o mesmo tivesse sido projetado na plataforma BIM, haveria a prévia identificação de 23 problemas que poderiam ser solucionados em nível de projeto. Ainda assim, o software não resolveria todos os problemas, ele facilita para o projetista encontrar uma melhor solução para as incompatibilidades. Ou seja, a plataforma não vai suprir o conhecimento dos projetistas.

Dos 23 problemas listados, aqueles relacionados às discrepâncias entre os desenhos e a interferência de projeto representaram 65% dos problemas apresentados. Isto indica que a incompatibilização entre os projetos confirma o grande problema já detectado em outras pesquisas que a indicaram também como um item de forte influência para os problemas encontrados durante a execução das obras.

De todos os problemas listados, a modelagem teve influência direta na visualização de 90% destes, incluindo aqueles referentes à falta de informações e incompatibilidades entre os projetos. A influência indireta da modelagem ocorre na visualização de falhas decorrentes

de itens fora de norma, uma vez que permite um melhor entendimento do próprio projetista durante seu próprio processo de concepção do projeto.

Somente as falhas provenientes por itens fora de norma não permitiram uma adequação da solução em obra, ou seja, a modelagem também teria permitido que todas as outras falhas pudessem ter sido impedidas e consequentemente várias improvisações ocorridas durante a execução pudessem ser evitadas.

A partir dos benefícios apresentados na melhoria da visualização dos problemas e na previsão dos erros, pode se concluir que a plataforma BIM apresenta facilidades incidentes diretamentes no projeto, auxiliando o projetista a desenvolver a melhor solução possível e que acarreta em múltiplos benefícios para toda a cadeia, tanto para a execução quanto para o usuário final, que terá adquirido um produto com melhor qualidade.

Como sugestão para trabalhos futuros, cabe analisar os problemas que surgirão durante o uso destes sistemas, um aprofundamento na plataforma BIM em mais dimensões e análise junto aos funcionários acerca da visualização em 3D no canteiro de obras.

REFERÊNCIAS

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

AGESC – Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projetos. **Manual de escopo de serviços para Coordenação de Projetos.** 2011. Disponível em: < http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manuais >. Acesso em 17 de outubro de 2014.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. ***O processo digital de geração da forma baseado no desempenho com suporte em BIM: o caso do Smithsonian Institution Courtyard Enclosure.*** II Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído e X Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Rio de Janeiro, Novembro de 2011.

ARAÚJO, N.S., FLORIO, W., SEGALL, M. **Gestão de Projetos Arquitetônicos em Espaços Virtuais e Prototipagem Rápida.** São Paulo. 2008. Universidade Presbiteriana Mackenzie.

ÁVILA, V.M. **Compatibilização de Projetos na Construção Civil:** Estudo de Caso em um Edifício Residencial Multifamiliar. 2011. 84 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte. 2011.

BECERIK-GERBER, Burcin; RICE, Samara. The Perceived Value of Building Information Modelling in the U.S. Building Industry. **Itcon: Journal of Information Technology in Construction.** California, p. 185-201. fev. 2010.

BELLAN, M. **Práticas e ferramentas para coordenação de projetos de edifícios**. 2009. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos – SP

BIRX, G. W. **Getting started with Building Information Modeling**. The American Institute of Architects - Best Practices, 2006. Disponível em http://www.aia.org/bestpractices_index. Acessado em: 21.11.2014.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, São Paulo, 2008. (Vol. 8, pp. 1-10).

CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. **Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil,** Porto Alegre, v. 1, n. 1, p.1-9, jul. 2007.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de Bim:** Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014, 483 p.

FABRICIO, M. M. e MELHADO S. B**. Projeto Simultâneo: uma Abordagem Colaborativa para o Processo de Projeto**. São Paulo. 2003. Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. ISSN 0103-9830. 2003.

FABRICIO, M.M. **Projeto Simultâneo na Construção de edifícios.** 2002 Tese (Doutorado) – EP-USP, São Paulo, 2002.

FERREIRA, R. C. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). EPUSP, São Paulo, 2007, 160p.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M. V.; SOIBELMAN. L. **As Perdas na Construção Civil**: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. Porto Alegre, p 01-12, [1997]. Disponível em: http://www.pedrasul.com.br/artigos/perdas.pdf. Acessado em: 21/09/2014.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos**. Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT (Mestrado Profissionalizante), São Paulo, 2003

GNIPPER, S. F. **Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários.** 2010. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). FEC/ Unicamp, Campinas, 2010.

JUNCHENG, Y. BIM for plumbing design. **Consulting-Specifying Engineer.** EUA, p 36 – 39, 2013.

LEE, G.; PARK, H. K.; WON, J. D³ City project - Economic impact of BIM-assisted design validation. **Automation In Construction.** Coréia, p. 577-586. jan. 2012

MARQUES, F. H. B. **Projeto Executivo Assistido Pela Plataforma Bim Como Instrumento De Apoio Ao Processo Construtivo.** 2014. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios.** São Paulo, 2001.

MIKALDO, J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2d e 3d com uso de TI.** 2006. 150 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

NASCIMENTO, J. M. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. **Ipog: Especialize,** Goiânia, v. 01, n. 007, p.1-11, 08 ago. 2013. Semestral. Disponível em: <http://www.ipog.edu.br/aluno/revista-ipog/artigos/edicao-n-7-2014/todas/2>. Acesso em: 28 out. 2014.

PICORAL, R. B. **Método de gerência de documentos, uma contribuição na atividade de projetos.** Brasil – Foz do Iguaçu, PR, 2002. P 1499-1512. IN: IX Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Artigo Técnico.

ROMANO, F. V. Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos.** G & T_Projetos, Vol 1, N°1. Novembro de 2006.

SANGUINETTI, P., ABDELMOHSEN, S., LEE, J., LEE, J., SHEWARD, H., EASTMAN, C. General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis. **Advanced Engineering Informatics.** Geórgia, p. 317-333. dez. 2011.

SCHEER, S.; ITO A.L.Y.; FILHO C. A.; AZUMA F.; BEBER M. **Impactos do uso do sistema cad geométrico e do uso do sistema cad-bim no processo de projeto em escritórios de arquitetura.** Paraná, 2007.

SOUSA, F. J. **Compatibilização de Projetos em Edifícios de Múltiplos Andares - Estudo de Caso.** 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia das Construções, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

WONG, K. The Summer of BIM (Tech Trends Column). **Cadalyst**, 1 abr. 2008. Disponível em: <HTTP://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id= 507889&pageID=1&sk=&date=> Acesso em: 10 maio 2015.

YOUNG JUNIOR, N. W.; JONES, S. A.; BERNSTEIN, H. M. Building Information Modelling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity. **Smart Market Report: Design and Construction Intelligence,** Nova York, v.1, n. 1, p.2-7, 2009.

ZHENZHONG, H.; JIANPING, Z.; ZIYIN, D. *Construction Process Simulation and Safety Analysis Based on Building Information Model and 4D Technology.* **Tsinghua Science And Technology.** Beijing, p. 266-272. Outubro. 2008.

ZUCCHETTI, L. **A construtibilidade como requisito para avaliação de componentes para a edificação: o caso do Elemento de Integração alvenaria/esquadria.**2010. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.