

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

**Luana Variani**

**IMPACTO DAS INCOMPATIBILIDADES DE PROJETO NA  
EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES: COMO O BIM PODE  
ALTERAR ESTE CENÁRIO?**

Porto Alegre  
Maio de 2021

**LUANA VARIANI**

**IMPACTO DAS INCOMPATIBILIDADES DE PROJETO NA  
EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES: COMO O BIM PODE  
ALTERAR ESTE CENÁRIO?**

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

**Orientadora: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira**

Porto Alegre  
Maio de 2021

**LUANA VARIANI**

**IMPACTO DAS INCOMPATIBILIDADES DE PROJETO NA  
EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES: COMO O BIM PODE  
ALTERAR ESTE CENÁRIO?**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, maio de 2021

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof.<sup>a</sup> Cristiane Sardin Padilla de Oliveira**  
Dra. Pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

**Prof.<sup>a</sup> Lais Zucchetti (UFRGS)**  
Dra. Pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Eng.<sup>a</sup> Jordana Bazzan (UFRGS)**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre foram os maiores motivadores da minha busca por conhecimento.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à professora Cristiane Sardin Padilla de Oliveira, orientadora deste trabalho, que desde o início esteve ao meu lado, direcionando a pesquisa, trazendo questionamentos e críticas construtivas, revisando incansavelmente o texto e dedicando seu tempo para que este trabalho se tornasse realidade. Obrigada por aceitar fazer este trabalho comigo e acreditar nele, e em mim, mesmo quando eu mesma não sabia para onde seguir. Obrigada por todo o carinho, dedicação e profissionalismo, desde as aulas de edificações até o TCC. Este trabalho só foi possível graças a você.

Agradeço aos meus pais, Clari e Ivanir, minha tia Marilene e meu irmão Jean, que sempre encorajaram meu estudo desde as séries iniciais e que, durante todos esses anos de UFRGS, trabalharam para que meu sonho de fazer minha graduação uma universidade federal fosse possível. A vocês eu devo tudo o que sou. Obrigada pelos ensinamentos, pelos valores, pelo amor incondicional, pelos sorrisos, pelos abraços, pela paciência durante os finais de semestre e por sempre ter um lugar para voltar.

Agradeço à minha família, todos aqueles que acreditaram que eu seria engenheira.

Agradeço à Bruna, que esteve presente durante quase toda minha graduação, me apoiando e motivando meu desenvolvimento. Obrigada por todo carinho e por sempre acreditar que tudo iria dar certo.

Agradeço aos professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com os quais tive a oportunidade de aprender. Obrigada por compartilharem o conhecimento com entusiasmo e dedicação, pelas dúvidas esclarecidas mesmo fora das salas de aula e pela luta por uma universidade com ensino de referência. A conclusão desta etapa é fruto do somatório do ensinamento de cada um de vocês.

Agradeço à empresa construtora que disponibilizou todos os dados e abriu suas portas para minha pesquisa. Agradeço aos profissionais que se envolveram neste estudo, sem os quais nada disso seria possível.

Agradeço a todos os engenheiros, arquitetos, técnicos, mestres e demais profissionais da construção civil que, durante estes anos, contribuíram para meu crescimento profissional.

Agradeço aos meus amigos de longa data, que acreditaram na minha capacidade de chegar até aqui. Agradeço aos meus amigos da UFRGS que fizeram com que a faculdade se tornasse um ambiente mais leve. Obrigada pela amizade, pela parceria, por me apresentarem Porto Alegre e por todos os momentos inesquecíveis ao lado de cada um.

Por fim, agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que foi minha casa durante todos estes anos de graduação. Obrigada pelo ensino de excelência, e por proporcionar, além da formação técnica, uma vivência que me transformou como ser humano.

*“A educação é um ato de amor, por isso, um ato de coragem. Não pode temer o debate. A análise da realidade. Não pode fugir à discussão criadora, sob pena de ser uma farsa.”*

*Paulo Freire*

## RESUMO

Este trabalho traz uma discussão sobre as incompatibilidades de projeto detectadas nas obras, no momento da execução e como a modelagem da informação da construção pode impactar este cenário. São estudadas duas obras, uma com projetos executados através da tecnologia CAD e a segunda com projetos modelados por meio da metodologia BIM. O estudo traz um comparativo em termos quantitativos das incompatibilidades relacionadas à cada uma das obras, seguido de uma análise de impacto em prazo e custo por consequência das interferências detectadas nos canteiros. Na revisão bibliográfica sobre o assunto, pôde-se identificar que o pior momento para solucionar incompatibilidades entre disciplinas de projeto é quando a obra já está em execução, pois as possibilidades são limitadas e o custo elevado. Identificou-se também que o processo de compatibilização ainda ocorre, em sua maioria, de maneira tradicional, sobrepondo projetos e valendo-se da experiência dos profissionais que realizam a compatibilização para detectar interferências, omissões e problemas de construtibilidade. Neste cenário, a modelagem da informação da construção surge como um facilitador. Uma vez que o modelo é construído virtualmente é possível analisar sua funcionalidade antes mesmo de o projeto chegar na obra. Todas as disciplinas envolvidas podem ser avaliadas ao mesmo tempo, em um mesmo arquivo, facilitando a compatibilização e, também o estudo de construtibilidade do que está sendo proposto pelos projetistas. Se bem parametrizado, o modelo automaticamente é capaz de detectar as interferências entre disciplinas, aprimorando o processo de compatibilização. Pôde-se concluir, através desta pesquisa, que o BIM facilita a comunicação entre os atores do processo e antecipa a detecção de incompatibilidades, fazendo com que sejam solucionadas, em sua maioria, ainda em fase de projeto. De modo geral, a metodologia BIM gera um impacto positivo na redução de interferências detectadas nos canteiros de obra, entretanto, é necessário que os projetistas e demais colaboradores que se envolvam no projeto sejam devidamente capacitados para fazer bom uso das ferramentas BIM.

Palavras-chave: BIM, incompatibilidade, interferência, compatibilização, modelo.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica dos níveis de desenvolvimento do projeto BIM .....	26
Figura 2: <i>Clash detection</i> com classificação das interferências .....	33
Figura 3: Controle visual de diferentes versões no modelo BIM .....	34
Figura 4: Fluxo de projeto ao longo do tempo .....	42
Figura 5: Compatibilização inserida no fluxo de projeto .....	47
Figura 6: Fotomontagem do empreendimento 1.....	53
Figura 7: Corte da Obra 1 – Trecho torre .....	54
Figura 8: Planta baixa da Obra 1 .....	54
Figura 9: Modelo da Obra 2 .....	55
Figura 10: Corte da Obra 2.....	56
Figura 11: Planta baixa do pavimento tipo da Obra 2 .....	57
Figura 12: Evolução física da Obra 1 (até o fim da análise de interferências de projeto).....	59
Figura 13: Projeto estrutural da laje tipo da Obra 1 – Revisão 00.....	60
Figura 14: Projeto estrutural da laje tipo da Obra 1 – Revisão 02.....	61
Figura 15: Shaft executado em todos os pavimentos .....	61
Figura 16: Trecho da planta baixa do sistema de coleta de água da cobertura da Obra 1.....	62
Figura 17: Sistema EPAMS passando pelas furações destinadas às instalações elétricas .....	62
Figura 18: Desvio realizado nas eletrocalhas do 13º pavimento devido à presença da descida do sistema de coleta de água da cobertura.....	63
Figura 19: Interferência do pilar na área da cadeira de rodas.....	64
Figura 20: Ajuste feito em pilar que avançava sobre a área de cadeirante.....	64
Figura 21: Adequação vão para esquadria blindada.....	65
Figura 22: Detalhe da guarita conforme projeto original .....	66
Figura 23: Detalhe da guarita conforme executado no canteiro .....	66
Figura 24: Alteração na estrutura original da piscina para criação de acesso à galeria. ....	67
Figura 25: Adequação de estrutura para instalação de esquadria de alumínio e apoio da alvenaria superior .....	67
Figura 26: Patamar original da escadaria não fornece apoio para a alvenaria de fechamento da escada.....	68
Figura 27: Complemento de patamar executado e alvenaria apoiada no mesmo.....	68

Figura 28: Incompatibilidade envolvendo as disciplinas de elétrica, estrutura e modulação de paredes .....	69
Figura 29: Solução adotada para esconder as tubulações elétricas .....	69
Figura 30: Furação original para passagem de instalações hidráulicas do reservatório superior na projeção da sala da unidade 1311 .....	70
Figura 31: Furação para passagem de instalações hidráulicas do reservatório superior reposicionada na projeção do banheiro da unidade 1311 .....	70
Figura 32: Viga invertida de borda da rampa de acesso ao estacionamento .....	71
Figura 33: Detalhe do gradil a ser instalado na rampa .....	72
Figura 34: Projeto de geometria indicando shaft sem uso por falta de compatibilização da estrutura com as instalações .....	73
Figura 35: Evolução física da Obra 2 (até o fim da análise de interferências de projeto).....	74
Figura 36: Conflito de instalações hidráulicas e de renovação de ar na brinquedoteca .....	75
Figura 37: Instalações devidamente compatibilizadas .....	75
Figura 38: Colisão entre tubulações de esgoto pluvial e incêndio .....	76
Figura 39: Eletroduto passando pelo vão da esquadria .....	77
Figura 40: Lajes de cobertura dos quiosques sem esgoto pluvial.....	78
Figura 41: Cobertura dos quiosques com ralos e drenos executados .....	78
Figura 42: Vista inferior do ralo do quiosque .....	79
Figura 43: Interferência entre tubulação de esgoto e aparelho hidráulico.....	80
Figura 44: Eletroduto posicionado na face superior da laje .....	80
Figura 45: Ralo saliente no box.....	81
Figura 46: <i>Clash</i> entre hidráulica e exaustão.....	81
Figura 47: <i>Clash</i> HID - ELE.....	82
Figura 48: Incompatibilidade entre instalações hidráulicas e climatização .....	82
Figura 49: Incompatibilidade entre tubulações hidráulicas.....	83
Figura 50: Incompatibilidade entre exaustão e instalações hidráulicas.....	83
Figura 51: Incompatibilidade entre instalações hidráulicas e renovação de ar .....	84
Figura 52: Caixa pluvial deslocada em relação ao nível do piso.....	84
Figura 53: Ar-condicionado deslocado em relação ao nível do forro .....	85
Figura 54: Grelhas de ventilação deslocadas em relação ao nível do forro .....	86
Figura 55: Motor de ventilação forçada deslocado em relação ao alçapão .....	86
Figura 56: Tubulação e registro posicionados dentro da parede .....	87
Figura 57: <i>Clash</i> entre instalações de água e esgoto no gourmet.....	87

Figura 58: <i>Clash</i> entre instalações de água e esgoto na brinquedoteca.....	88
Figura 59: Ponto de água posicionado na direção errada .....	88
Figura 60: Fluxograma de ações na obra frente às incompatibilidades.....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: <i>Softwares</i> utilizados por escritórios entrevistados em Porto Alegre .....	29
Tabela 2: Resumo de interferências de projeto detectadas em fase executiva na Obra 1 .....	90
Tabela 3: Resumo de interferências de projeto detectadas em fase executiva na Obra 2 .....	90
Tabela 4: Custos relacionados às incompatibilidades de projeto detectadas na Obra 1 .....	93
Tabela 5: Custos relacionados às incompatibilidades de projeto detectadas na Obra 2.....	93
Tabela 6: Impacto das incompatibilidades de projeto em prazo na Obra 1.....	99
Tabela 7: Impacto das incompatibilidades de projeto em prazo na Obra 2.....	100

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Controle de alterações do projeto estrutural da laje tipo da Obra 1 .....	60
Quadro 2: Prazo para contratação de mão de obra de alvenaria.....	95
Quadro 3: Fluxo de contratação - histórico de alterações .....	96

## LISTA DE SIGLAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AIA – *American Institute of Architects*

ASBEA – RS – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura do Rio Grande do Sul

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer Aided Design*

CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil

CII – *Construction Industry Institute*

DWG – Extensão de arquivos em 2D e 3D elaborados no *software* AutoCAD

IAI – *International Alliance for Interoperability*

IFC – *Industry Foundation Class*

LOD – *Level of development*

NA – Não aplicável

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

NBS -*National Building Specification*

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	17
1.2	QUESTÃO DA PESQUISA.....	18
1.3	JUSTIFICATIVA PARA O TRABALHO.....	18
1.4	OBJETIVOS.....	18
1.5	DELIMITAÇÕES.....	19
1.6	LIMITAÇÕES.....	19
1.7	DELINEAMENTO.....	19
2	MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ( <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> – BIM).....	21
2.1	DEFINIÇÕES.....	21
2.2	DIMENSÕES DO BIM.....	24
2.3	NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO.....	25
2.4	MODELAGEM PARAMÉTRICA.....	27
2.5	INTEROPERABILIDADE E IFC.....	28
2.6	BENEFÍCIOS DO BIM PARA A INDÚSTRIA DA ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO.....	31
2.7	INEFICIÊNCIAS DA ABORDAGEM TRADICIONAL.....	35
2.8	O BIM NO BRASIL E NO MUNDO.....	37
3	O PROCESSO DE PROJETO.....	40
3.1	ETAPAS DO PROCESSO DE PROJETO.....	41
3.2	COORDENAÇÃO DE PROJETOS.....	43
3.3	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	45
3.4	O PROBLEMA DAS INCOMPATIBILIDADES.....	49

3.5	CONSTRUTIBILIDADE .....	49
4	ESTUDO DE CASO .....	51
4.1	OBRAS ESTUDADAS .....	52
4.1.1	<b>Obra 1</b> .....	52
4.1.2	<b>Obra 2</b> .....	55
4.2	ANÁLISE DAS INCOMPATIBILIDADES DA OBRA 1 .....	58
4.3	ANÁLISE DAS INCOMPATIBILIDADES DA OBRA 2 .....	73
4.4	ANÁLISE COMPARATIVA DE DADOS .....	89
4.4.1	<b>Resumo de Interferências</b> .....	89
4.4.2	<b>Impacto em Custo</b> .....	91
4.4.3	<b>Impacto em Prazo</b> .....	94
4.4.4	<b>Visão das equipes de obra</b> .....	101
5	CONCLUSÃO.....	103
	REFERÊNCIAS .....	105
	APÊNDICES .....	116
	APÊNDICE A – Entrevista I.....	117
	APÊNDICE B – Entrevista II.....	119
	ANEXOS .....	121
	ANEXO A – PROJETOS DA OBRA 1 .....	122
	ANEXO B – PROJETOS DA OBRA 2 .....	123
	ANEXO C – COMPOSIÇÕES ORÇAMENTÁRIAS DA EMPRESA CONSTRUTORA .....	124
	ANEXO D – PRAZOS PARA CONTRATAÇÕES (PADRÃO DA CONSTRUTORA). 127	



# 1 INTRODUÇÃO

O capítulo a seguir apresenta a contextualização do estudo deste trabalho, questão da pesquisa, justificativa, limitações e delimitações da pesquisa.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

Apesar de ser a principal engrenagem que movimenta a economia mundial, a indústria da construção civil, ao contrário das demais indústrias, demorou a adotar novas tecnologias e nunca passou por uma grande transformação (BCG, 2016).

A introdução de novas tecnologias na construção civil ainda é um processo lento e limitado às empresas de maior porte. Muitas vezes, é necessário voltar ao projeto no papel para que todos os envolvidos no processo sejam capazes de compreender e se comunicar. Além disso, as construtoras se deparam cada vez mais com projetos maiores e mais complexos. A soma destes fatores resulta em baixíssimos ganhos de eficiência e uma produtividade abaixo das demais indústrias.

Eastman et al. (2014) afirmam que o processo de implementação de uma edificação é fragmentado e suscetível à erros e omissões que, com frequência, provocam atrasos de obra e custos imprevistos. A documentação 2D exige que todos os detalhes e especificações do projeto estejam no papel. Se estes desenhos forem imprecisos ou incompletos, apresentando erros ou omissões, surgirão conflitos na obra que consomem tempo e que podem ter custos associados elevados.

Ao longo do tempo, os sistemas CAD foram se desenvolvendo, permitindo a inserção de informações adicionais, blocos e textos. À medida que estes sistemas se tornaram mais inteligentes, o foco transferiu-se da graficação para os dados do projeto (Eastman et al., 2014). Neste contexto, o *Building Information Modelling*<sup>1</sup> – BIM – se apresenta como uma metodologia inovadora, que promete revolucionar a indústria da construção civil.

---

<sup>1</sup> Modelagem da Informação da Construção

Pentillä (2006, tradução nossa) afirma que os sistemas CAD são ferramentas para criar e gerenciar dados geométricos de edificações, enquanto o BIM é uma metodologia para gerenciar a essência do projeto, os dados referentes à construção e os dados ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Para o *American Institute of Architects* (2008, tradução nossa), o BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de um projeto. Jung (2016, p.42), reitera que “a palavra e resultado mais importante de BIM, é a informação que produz”.

A proposta deste trabalho é avaliar como o uso da tecnologia BIM pode impactar a detecção de incompatibilidades de projeto, reduzindo a quantidade de interferências e omissões projetuais que chegam até o canteiro de obras.

## 1.2 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão desta pesquisa é: como o uso da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos de edificações pode melhorar a confiabilidade dos projetos, reduzindo o número de incompatibilidades detectadas na execução da obra, de modo a melhorar a performance dos empreendimentos em custo e prazo?

## 1.3 JUSTIFICATIVA PARA O TRABALHO

O estudo foi motivado pela experiência da autora com obras projetadas através da metodologia CAD, que apresentaram altos índices de incompatibilidades de projeto causando atrasos no cronograma e aumento do custo da obra. Entusiasta da mudança que a tecnologia pode proporcionar à construção civil, a autora buscou estudar quais os impactos do uso da tecnologia BIM nos canteiros de obra.

## 1.4 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é avaliar os impactos do uso da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos, no que tange a redução de incompatibilidades e omissões de projeto detectadas no momento da execução da obra.

## 1.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho foi desenvolvido com base no estudo de caso de duas obras de uma construtora e incorporadora de grande porte que atua em Porto Alegre e região metropolitana.

As obras avaliadas possuem tipologia e sistema construtivo similar e foram acompanhadas durante o mesmo período de execução. O diferencial entre ambas, analisado neste estudo, foi o uso da metodologia BIM por uma delas, enquanto a outra foi projetada da maneira tradicional, utilizando a metodologia CAD.

Foram analisadas as interferências detectadas nas duas obras, até 50% de avanço físico de cada uma delas, com enfoque nas incompatibilidades que envolviam, mesmo que de maneira indireta, a disciplina de estrutura em concreto armado.

## 1.6 LIMITAÇÕES

As limitações deste estudo estão listadas abaixo.

- a) Os projetistas das obras 1 e 2 não são os mesmos.
- b) As equipes de execução que trabalharam na obra 1 não são as mesmas que atuaram na obra 2.
- c) Serão consideradas parte do estudo somente as incompatibilidades e omissões que tiverem relação direta ou indireta com a disciplina de estrutura.
- d) A análise dos resultados é baseada apenas em duas obras.
- e) O potencial do BIM explorado no trabalho é apenas uma de suas funcionalidades, que otimiza o processo de compatibilização de projetos e entendimento dos mesmos.
- f) As obras foram avaliadas apenas até 50% de seu avanço físico, uma vez que não foi possível, dentro do prazo estabelecido para este trabalho, analisar a totalidade da execução dos dois empreendimentos.

## 1.7 DELINEAMENTO

O desenvolvimento do trabalho aqui apresentado se deu conforme as etapas listadas abaixo:

- a) revisão bibliográfica;
- b) definição da modelagem da informação da construção (BIM);

- c) definição do processo de projeto;
- d) estudo de caso com duas obras;
- e) entrevistas com engenheiros da empresa construtora;
- f) levantamento e análise dos resultados;
- g) considerações finais.

## **2 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (*BUILDING INFORMATION MODELING* – BIM)**

A Modelagem da Informação da Construção é uma das maiores promessas de desenvolvimento na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), segundo Eastaman *et al* (2014).

O BIM (*Building Information Modeling*), traz uma nova abordagem para projeto, construção, operação e manutenção de empreendimentos imobiliários, que envolve mudanças significativas no processo da indústria da construção e promete ganhos em termos de custo, prazo e qualidade.

De acordo com a Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA, 2015), o processo de projeto vem sofrendo mudanças disruptivas nas últimas décadas. A representação dos projetos por meio de desenhos bidimensionais, vem dando lugar a modelos tridimensionais que englobam todas as informações referentes à construção em um só modelo integrado, paramétrico, intercambiável e passível de simulação, que poderá ser utilizado ao longo de toda vida da edificação.

Tendo em vista a importância desta tecnologia para o alcance de melhores resultados na construção civil, este capítulo irá apresentar o conceito de BIM e seus potenciais benefícios para a arquitetura, engenharia e construção.

### **2.1 DEFINIÇÕES**

Nos últimos anos, o conceito e a nomenclatura BIM vêm se tornando cada vez mais evidentes no ambiente da indústria da construção civil. No entanto, de acordo com Laiserin (2007, apud Eastman et al., 2014, não paginado), “nem o conceito, nem a nomenclatura do BIM são novos. [...] Os conceitos, as abordagens e as metodologias que hoje se identificam como BIM têm cerca de 30 anos”.

Apesar de não ser um conceito recente, a expressão *Building Information Modeling* (BIM) ainda não possui um delineamento único e amplamente aceito. As definições do conceito se baseiam no entendimento de estudiosos da tecnologia.

Neste contexto, Eastman et al. (2014, p. 13), uma das referências do assunto, define:

[...] BIM como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Modelos de construção são caracterizados por:

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

Ainda de acordo com Eastman et al. (2014, p.1):

O BIM também incorpora muitas das funções necessárias para modelar o ciclo de vida de uma edificação, proporcionando a base para novas capacidades da construção e modificações nos papéis e relacionamentos da equipe envolvida no empreendimento. Quando implementado de maneira apropriada, o BIM facilita um processo de projeto e construção mais integrados que resulta em construções de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzidos.

Para o *National Institute of Building Sciences* (2015, tradução nossa, não paginado):

o BIM é uma representação digital física e funcional das características de uma instalação. Dessa forma, serve como um recurso de compartilhamento das informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida desde o início.

É importante ressaltar que o BIM não pode ser encarado como apenas um modelo 3D. Para Michael S. Bergin (2011, apud AsBEA, 2015, p.19) do *Architecture Research Lab*, “[...] fazendo isso, perde-se a essência dos benefícios da nova cultura de projeto”. Kehl e Isatto (2015,

não paginado) afirmam que “Uma das características que distinguem um modelo BIM de um modelo convencional em 3D é a possibilidade da criação de propriedades que vão além da modelagem da sua geometria.”

Eastman et al. (2014) reiteram que o BIM instiga a integração do processo de elaboração do projeto com o conhecimento de construção mais cedo. Para os autores, as empresas que integram projeto e construção, capazes de coordenar todas as fases do projeto e incorporar o conhecimento de construção, serão as mais beneficiadas pelo uso da ferramenta.

Entretanto, o sucesso na utilização da tecnologia está atrelado à correta implementação do BIM. Hardin e McCool (2015, tradução nossa), ressaltam que são necessários três pilares principais: processo, tecnologias e ferramentas e comportamento. Os autores relatam que é necessária uma mudança de paradigmas no que diz respeito aos processos utilizados na elaboração dos projetos. É ineficaz a tentativa de projetar em BIM se forem mantidos os processos retrógrados utilizados anteriormente. No que tange as tecnologias e ferramentas, é preciso que estas sejam escolhidas cuidadosamente, de modo que atendam as expectativas da empresa e de seus colaboradores. Uma mesma ferramenta pode não ser adequada para todos os elementos do processo de projeto. O comportamento dos profissionais envolvidos no processo, por sua vez, possivelmente seja o mais importante para o sucesso na utilização do BIM e também o mais difícil de ser remodelado.

Para Amorin (2020), grande parte dos casos de insucesso na implantação da Modelagem da Informação da Construção nas organizações, pode ser atribuído à falta de conhecimento dos altos cargos de setores de projetos no que diz respeito às necessidades específicas deste novo processo. Ao acreditarem que o BIM é um “produto de prateleira” ou simplesmente um serviço a ser contratado, limitam as possibilidades da tecnologia que, na prática, exige uma profunda reestruturação da empresa.

Além disso, o autor enfatiza que o BIM depende de tecnologia, recursos, procedimento e, fundamentalmente, de pessoas. Para ele, o desafio na implementação do BIM, passa prioritariamente pela capacitação da equipe e pela consolidação de seu conhecimento em boas práticas e procedimentos bem definidos.

## 2.2 DIMENSÕES DO BIM

As diversas possibilidades da modelagem da informação da construção, viabilizam a classificação do BIM em diferentes dimensões de informação. A classificação do BIM acontece de acordo com o nível das informações agregadas ao projeto e como o modelo é utilizado ao longo da vida do empreendimento, desde sua concepção até a sua operação.

De acordo com Miranda (2019), as dimensões do BIM variam do 3D ao 7D, agregando informações de geometria, planejamento, custos, sustentabilidade e operação do empreendimento. As dimensões do BIM, de acordo com conceitos do *National BIM Standard* (2017), Teixeira (2016) e Miranda (2019) são apresentadas a seguir.

- BIM 3D: Projeto modelado tridimensionalmente, com informações gráficas e não gráficas. Possibilita detecção de interferências entre diferentes disciplinas de projeto.
- BIM 4D: O planejamento da obra é uma informação agregada ao modelo nesta dimensão. Possibilita a visualização de como o projeto evoluirá sequencialmente. Otimiza a programação de atividades e o gerenciamento do canteiro.
- BIM 5D: É a dimensão do BIM relacionada ao custo do empreendimento. No BIM 5D, os componentes BIM possuem informações de custo que possibilitam a extração de quantitativos e orçamentos precisos.
- BIM 6D: Vinculado à sustentabilidade, o modelo BIM 6D permite a análise energética da edificação, simulações de iluminação e ventilação, dentre outras avaliações de tecnologias voltadas para empreendimentos mais sustentáveis.
- BIM 7D: É o modelo relacionado à gestão do empreendimento. Possui informações referentes ao uso e manutenção como manuais, garantias de equipamentos, informações de fabricantes, contatos de fornecedores, formando um banco de dados virtual com dados da edificação.



## 2.3 NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO

A primeira conceituação a respeito de níveis de desenvolvimento em projetos BIM surgiu no *American Institute of Architects* (AIA), em 2008. No AIA-E202 (2008, tradução nossa), a expressão Levels of Development (LOD's) é descrita como o nível de detalhamento que é inserido em um objeto modelado. Para o *American Institute of Architects*, um projeto deveria ser classificado dentro dos seguintes grupos: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 ou LOD 500.

Em 2015, foi publicado pelo Governo do Estado de Santa Catarina, o Caderno de Apresentação de Projetos em BIM, que é o primeiro documento que trata dos níveis de desenvolvimento (ND) de projeto BIM no Brasil.

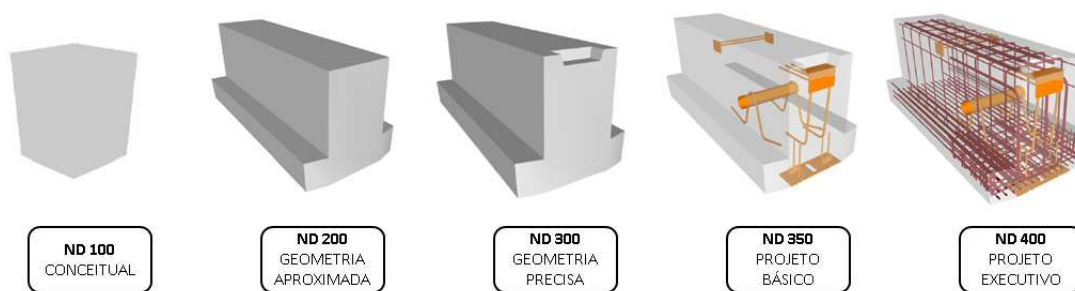
O Caderno tem como referência a definição de LOD's do BIM Fórum, que reúne grandes estudiosos do assunto. Assim como a NBR 6492 Representação de Projetos de Arquitetura (ABNT, 1994) discorre sobre as etapas de projeto e suas respectivas necessidades de detalhamento e informação, o documento elaborado pelo governo catarinense é um dos únicos que vincula os ND's às etapas de projeto. Desse modo, para cada etapa de projeto, o modelo deve estar relacionado a um dos níveis de desenvolvimento, como é explicado abaixo.

1. ND 0 - Concepção do Produto: modelo deve ser um esboço para auxiliar na análise de viabilidade do produto proposto. Deve conter levantamento de informações do terreno, diretrizes de projeto, análise de interferências no entorno, identificação das necessidades e vistoria no local proposto.
2. ND 100 – Estudo Preliminar: inclui elementos conceituais 3D a fim de possibilitar o estudo de massa.
3. ND 200 – Anteprojeto: os elementos conceituais são transformados em objetos genéricos com dimensões básicas. Este nível consolida informações necessárias para verificação da viabilidade técnica e econômica, elaboração de anteprojeto arquitetônico básico, compatibilização inicial de disciplinas de estruturas, instalações, climatização e arquitetura, além de permitir o desenvolvimento dos projetos legais.

4. ND 300 – Projeto Legal: o modelo é graficamente representado como um sistema específico termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação.
5. ND 350 – Projeto Básico: identificação e solução de interfaces. Os elementos genéricos são convertidos em elementos finais, analisando-se as interferências entre as disciplinas. Neste nível, os ambientes do projeto estão consolidados, bem como as definições necessárias para a troca de informações entre todos os atores do processo. Possibilita a avaliação de custos, prazo e métodos construtivos.
6. ND 400 – Projeto Executivo: nesta etapa, devem ser detalhados todos os elementos do empreendimento, de modo a gerar informações suficientes para o perfeito entendimento do projeto na hora da execução do mesmo. O modelo deve conter informações técnicas precisas, completas, claras e objetivas sobre todo o projeto, bem como documentação referente à avaliação de custo, prazo e métodos construtivos.
7. ND 500 – Obra concluída: fim da gestão das fases da obra e de projeto. Geração de projeto “*As Built*” e manuais do empreendimento.

A Figura 1, abaixo, ilustra um exemplo da evolução do detalhamento de uma viga de concreto armado nos diferentes níveis de desenvolvimento de um modelo BIM.

Figura 1: Representação gráfica dos níveis de desenvolvimento do projeto BIM



(fonte: Adaptado de BIM FÓRUM, 2019)

## 2.4 MODELAGEM PARAMÉTRICA

Segundo definição da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2017), um componente BIM é um objeto virtual que carrega representação dos seus materiais construtivos, suas dimensões reais e demais propriedades demandadas pelo projeto.

Um objeto paramétrico, por sua vez, é um componente BIM que pode ter as suas características alteradas para atender as necessidades de um projeto, sem precisar ser redesenhado.

De acordo com Eastman et al. (2014), a modelagem paramétrica de objetos data dos anos 1980 e baseia-se na representação de objetos por parâmetros e regras que definem, além de características geométricas, demais propriedades do elemento. Estas definições não são imutáveis, de modo que o usuário que controla o modelo pode alterar as dimensões e propriedades dos objetos e estes se atualizarão automaticamente em todas as instâncias do projeto.

“No CAD 3D <sup>2</sup>tradicional, cada aspecto de um elemento deve ser editado manualmente pelos usuários; em um modelador paramétrico, as geometrias da forma e do conjunto ajustam-se automaticamente às modificações do contexto e aos controles do usuário.” (Eastman et al., 2014, p.29).

A modelagem paramétrica é uma capacidade crítica para a produtividade, permitindo que as modificações de baixo nível se atualizem automaticamente. É justo dizer que a modelagem 3D não seria produtiva no projeto e na produção de edifícios sem as características de atualização automática possibilitadas pelas capacidades paramétricas (EASTMAN et al., 2014).

Em projetos paramétricos, o projetista não idealiza apenas uma instância de um elemento construtivo, como uma porta ou uma parede. O projetista define uma família de modelos ou classe de elementos. Dentro do BIM, famílias são conjuntos de relações e regras que controlam os limites utilizados para geração de novos elementos. Tais relações permitem que cada objeto varie dentro dos parâmetros preestabelecidos (Eastman et al., 2014).

Os autores ressaltam que as regras e parâmetros estabelecidos podem ser definidos como requisitos de projeto, que permitem edição do projetista. Quando este faz modificações no

---

<sup>2</sup> *Computer Aided Design*

modelo, as regras são verificadas para que se mantenha o projeto dentro das premissas estabelecidas e avisa o usuário caso algo não esteja em conformidade.

Um dos ganhos significativos advindos da modelagem paramétrica, é a redução de retrabalho no desenvolvimento de novos projetos, especialmente quando a empresa produz muitas variações de um produto. Conforme Eastman et al. (2014), as empresas incorporam, em objetos parametrizados, conhecimento corporativo, baseado em experiências anteriores sobre o que funciona e o que não funciona. As melhores práticas da empresa, podem ser inseridas na parametrização do objeto, ainda no desenvolvimento do projeto.

Um edifício é um objeto montado, definido dentro de um sistema BIM. Uma configuração de modelo de construção é definida pelo usuário como uma estrutura paramétrica dimensionalmente controlada, usando grades, níveis de pavimentos e outros planos de referências globais (EASTMAN et al., 2014).

Em modeladores paramétricos, também é possível, de acordo com Eastman et al. (2014), que os usuários definam famílias de objetos e criem relações entre eles e o modelo conforme necessidade, sem precisar recorrer à desenvolvimento de *software*. Estes objetos são capazes de apresentar complexidade muito maior do que a possível de ser projetada em sistemas CAD 3D. Caso uma família de elementos não exista previamente no programa, os projetistas podem criá-la, com o nível de detalhamento desejado.

A modelagem paramétrica transforma a modelagem de uma ferramenta de projeto geométrico em uma ferramenta de inserção de conhecimento. As implicações dessa capacidade no projeto de edificações e na construção estão apenas começando a ser exploradas (EASTMAN et al., 2014).

## 2.5 INTEROPERABILIDADE E IFC

BIM é, de acordo com Underwood e Isikdag (2010, tradução nossa), um processo fundamentado em modelos digitais compartilhados, integrados e **interoperáveis**.

Eastman et al. (2014) destacam que nenhuma aplicação é capaz de suportar sozinha as incontáveis tarefas associadas ao projeto e à execução de uma edificação. A interoperabilidade caracteriza a necessidade de transferir dados entre aplicações, permitindo que os múltiplos atores do processo, especialistas e aplicações, corroborem para o trabalho a ser realizado. Desse modo, a necessidade de replicar a entrada de dados que já foram gerados é subtraída, facilitando os fluxos de trabalho.

“A definição de interoperabilidade, de uma maneira geral, é a capacidade de comunicação de um sistema de forma clara com os demais” (JUNG, 2016, p.39).

Eastaman et al. (2014) reiteram que, assim como as atividades da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) são colaborativas, as ferramentas que apoiam o setor, também o devem ser.

Em pesquisa feita pela AsBEA-RS, publicada no seu Caderno Técnico em 2015, sete escritórios de arquitetura de Porto Alegre, que utilizam a tecnologia BIM, foram questionados a respeito de qual *software* utilizavam em seu trabalho (Caderno Técnico AsBEA-RS, v.2). O resultado é listado na Tabela 1.

Tabela 1: *Softwares* utilizados por escritórios entrevistados em Porto Alegre

ESCRITÓRIO	<i>SOFTWARE</i>
1	ArchiCAD
2	VectorWorks
3	Revit
4	ArchiCAD
5	Revit
6	ArchiCAD
7	Revit

(fonte: adaptado do Caderno Técnico AsBEA-RS, v.2.)

Conforme pode ser observado, dentre os sete escritórios entrevistados, existe a utilização de três sistemas operacionais diferentes. Cada um optou pela implantação do *software* que melhor se adaptava às suas necessidades e perspectivas, de acordo seus critérios individuais.

De acordo com a CBIC (2016), o desenvolvimento de projetos envolve diferentes e diversos agentes e organizações, sendo que apenas partes dos processos são realizadas dentro de uma mesma empresa. Para eles, essa é uma das características inexoráveis da indústria da construção civil.

Supondo que os escritórios 1 e 3 sejam responsáveis pela elaboração de parte dos projetos de uma mesma edificação, a troca de informações entre eles só será possível através da interoperabilidade, uma vez que utilizam *softwares* diferentes.

Interoperabilidade se refere à troca de informações entre os diversos participantes de um projeto durante o ciclo de vida de um empreendimento, através da comunicação direta entre aplicações de softwares (CBIC, 2016).

A fim de viabilizar a interoperabilidade, sem que nenhum projetista precisasse replicar dados já gerados por outros atores do processo, foi criado, pela *Building Smart*, uma organização Americana sem fins lucrativos, o *Industry Foundation Classes* (IFC).

Apesar de existirem outros modelos de intercâmbio de dados, o IFC é um dos “principais modelos de dados de produtos de construção [...] para projeto, construção e gerenciamento de edificações” (Eastman et al., 2014).

O IFC é definido pelo *National Institute of Building Sciences* (2007, tradução nossa) como:

[...] um modelo de dados que consiste em definições, regras, e protocolos que definem um conjunto de dados que descrevem instalações ao longo dos seus ciclos de vida. Essas definições permitem que os desenvolvedores da indústria de software escrevam interfaces IFC para seus softwares de modo a habilitar intercâmbio e compartilhamento dos mesmos dados em um mesmo formato com outros softwares, independentemente dos dados internos e da estrutura do software nativo. Softwares que possuem interface IFC podem trocar dados com outros sistemas que também possuem interface IFC.

Para Ferraz e Morais (2012), o IFC é um modelo de integração neutro e aberto, que não depende de fornecedores de aplicativos. É a chave no processo que pretende tornar possível a troca de dados e interoperabilidade entre diferentes softwares com tecnologia BIM da indústria AEC. Os autores ainda citam como os principais objetivos do IFC a coordenação interdisciplinar de modelos de informação de edificações e a troca de informações entre softwares diferentes.

“O método de integração se torna crucial para empreendimentos envolvendo equipes grandes, porque conseguir a interoperabilidade [...] é mais fácil do que mover as empresas de todas as equipes para uma única plataforma.” (EASTMAN et al., 2014, p.68). Com o advento do *Industry Foundation Classes*, torna-se possível a troca de informações entre um projetista do escritório 1, que utiliza ArchiCAD, e um projetista do escritório 3, que utiliza Revit, uma vez que ambos os softwares possuem interface IFC.

Ao invés dos arquivos serem salvos no formato nativo do *software* utilizado, os projetistas deverão salvar seus projetos em extensão IFC, o que habilitará a visualização e uso dos dados em qualquer *software* que suporte este formato aberto.

Apesar de ser uma solução aparentemente simples, deve-se ter cautela ao salvar um arquivo em extensão IFC, para que não se gerem erros ao exportar o arquivo do modelo nativo do *software* para a nova versão. São necessárias configurações específicas que não serão tratadas neste estudo, uma vez que traria uma longa discussão que fugiria do foco aqui tratado e que, para entendimento deste trabalho, é suficiente que o leitor entenda o que foi visto acima.

## 2.6 BENEFÍCIOS DO BIM PARA A INDÚSTRIA DA ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO

Eastman et al. (2014) afirmam que, possivelmente, os primeiros a admitir e identificar as vantagens da utilização do BIM tenham sido os projetistas, arquitetos e engenheiros. Embora se reconheça que a implementação do BIM não ocorre de forma trivial, para estes profissionais, a colaboração entre projeto ocorre de uma forma melhor, além de que, o modelo permite gerar documentos e extrair informações de forma mais automatizada que em processos tradicionais.

“A tecnologia BIM pode dar suporte e incrementar muitas práticas do setor<sup>3</sup>” (EASTMAN et al., 2014, p.16). Os benefícios do BIM podem ser percebidos ao longo das diversas etapas de evolução do projeto de um empreendimento, pelos diferentes entes da cadeia.

De acordo com Eastman et al (2018), para os proprietários, que precisam determinar se a construção irá atender suas expectativas de custo e prazo, um modelo BIM aproximado e vinculado a uma base de dados financeiros, pode ser de extrema importância na determinação de valor do produto.

A indústria AEC, por sua vez, se beneficia do projeto modelado em BIM, principalmente no que tange a economia de tempo e dinheiro. Eastman et al. (2018, p.19) afirma que:

[...] os erros de projeto causados por desenhos 2D inconsistentes são eliminados. [...] Os conflitos são identificados antes que sejam detectados na obra. A coordenação entre os projetistas e empreiteiros participantes é aperfeiçoada, e os erros de omissão são significativamente reduzidos. Isso torna mais rápido o processo de construção,

---

<sup>3</sup> Setor se refere à indústria da arquitetura, engenharia e construção.

reduz os custos, minimiza a probabilidade de disputas jurídicas e proporciona um processo mais suave para toda a equipe do empreendimento.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) elencou, no volume 1 da coletânea *Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras* (2016), os principais benefícios que podem ser atingidos pelas empresas através do uso da tecnologia *Building Information Modeling*. Alguns deles são descritos a seguir.

- a) Visualização 3D do que está sendo projetado: ao contrário dos projetos desenvolvidos em CAD, que se baseiam em plantas baixas, vistas e cortes, a modelagem BIM possibilita a visualização exata do que está sendo projetado, em qualquer etapa do projeto, permitindo fácil compreensão do projeto. Vale ressaltar que nem toda solução 3D é BIM, mas se for BIM, será 3D.
- b) Protótipo da obra: o modelo permite que sejam ensaiadas situações hipotéticas e analisadas suas consequências na obra. Pode-se, por exemplo, simular qual o impacto de instalar uma grua em determinados pontos do canteiro.
- c) Extração automática de quantitativos: garante consistência, precisão e agilidade no acesso às quantidades do projeto.
- d) Simulações e Ensaio Virtuais: o modelo BIM torna possível a realização de ensaios de desempenho de sistemas e de componentes do empreendimento. Pode-se citar, como exemplo, análises estruturais, estudos térmicos, estudos luminotécnicos, entre outros.
- e) Identificação automática de interferências: a detecção de incompatibilidades nos projetos modelados em BIM, conhecida como *clash detection*<sup>4</sup>, além de acontecer de forma automática, também é capaz de classificar as interferências como leves, moderadas ou críticas (Figura 2).

---

<sup>4</sup> Tradução: detecção de interferência



Figura 2: *Clash detection* com classificação das interferências

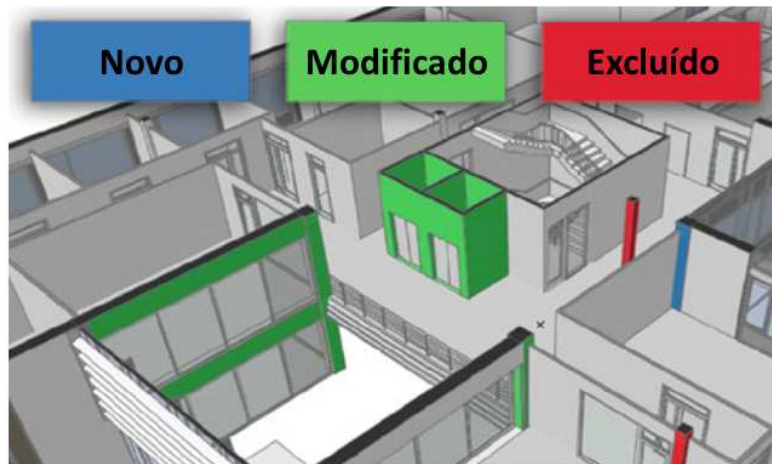


(fonte: CBIC Coletânea para Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras – Vol. 1)

- f) Geração de documentos mais consistentes: os objetos paramétricos que compõem o projeto BIM são inteligentes e capazes de se adaptar automaticamente às mudanças no meio que estão inseridos. Essas reações automáticas corroboram com a integridade e consistência do projeto e da sua documentação, uma vez que não dependem da exclusivamente da atenção humana como nos projetos CAD.
- g) Possibilidade de executar construções mais complexas: o BIM pode auxiliar nos casos em que há complexidade nas formas – cada vez mais orgânicas e curvas – ou subsistemas construtivos mais tecnológicos, bem como em desafios de logística, quando se requer o cumprimento de prazos muito arrojados ou mesmo a coordenação simultânea de diversas frentes de obras.
- h) Intensificação da industrialização: a precisão e confiabilidade dos projetos permite a expansão do uso de pré-fabricados na construção. Além disso, a montagem pode ser ensaiada previamente no modelo virtual, garantindo previsibilidade aos projetos e especificações.
- i) Complemento do uso de outras tecnologias: o uso de tecnologias como *laser scanning* e realidade capturada, podem ser combinados ao modelo BIM. Análises como o mapeamento de desvio de prumo de uma estrutura, por exemplo, poderão ser executados automaticamente.

- j) Análises de construtibilidade: o BIM permite a realização de análises e simulações para definir uma sequência ótima de execução em regiões com grande concentração de instalações de diferentes disciplinas.
- k) Maquetes Eletrônicas: a partir do modelo, é possível gerar imagens renderizadas com alta qualidade e definição.
- l) Registro e controle visual de versões de modelos: é possível identificar, através de código de cores, as alterações que foram feitas no projeto (Figura 3).

Figura 3: Controle visual de diferentes versões no modelo BIM



(fonte: CBIC Coletânea para Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras – Vol. 1)

- m) Verificação de condições de acesso para manutenção: os *softwares* BIM facilitam a visualização e dimensionamento do espaço necessário para manutenções futuras das áreas de instalações do empreendimento.
- n) Coordenação e controle de contratados: algumas funcionalidades do BIM permitem atribuir aos elementos do projeto as equipes responsáveis pela sua execução, informações sobre a aquisição de materiais, bem como controle de realização das atividades.
- o) Fabricação digital: informações e especificações de componentes BIM podem ser extraídas e utilizadas diretamente em equipamentos de fabricação automática.

- p) Verificação de locação e níveis: a partir de informações previamente referenciadas num modelo BIM, utilizando uma estação total, uma única pessoa pode fazer e conferir locações e níveis num canteiro de obras.

De fato, o projeto modelado em BIM tem potencial para oferecer muito mais do que desenhos, detalhes de projeto e comparações entre disciplinas (AsBEA, 2015). A integração das equipes de projeto e construção é facilitada através do uso do modelo, possibilitando maior colaboração no desenvolvimento do projeto. O processo de concepção de edificações torna-se “mais rápido, menos custoso, mais confiável e menos sujeito a erros e riscos” (Eastman et al., 2014, p.282).

Com o uso do BIM, percebe-se “um desenvolvimento irreversível no modo de pensar o projeto, tornando apenas uma questão de tempo para que este seja o padrão de projetar.” (AsBEA, 2015, p.15).

## 2.7 INEFICIÊNCIAS DA ABORDAGEM TRADICIONAL

O CAD – Projeto Auxiliado por Computador – ainda é a tecnologia mais utilizada como ferramenta para elaboração de projetos na indústria da AEC. O sistema se popularizou na década de 80, através do lançamento, pela Autodesk, do *software* AutoCAD (HOLANDA, 2019). Os projetos, que antes eram representados de forma manual através de desenhos planejados (plantas, cortes, detalhes), começaram a ser gerados de forma eletrônica, dando agilidade ao processo, porém mantendo o conceito de trabalho em 2D (AsBEA, 2015).

Eastman et al. (2014) afirmam que a adoção de tecnologias mais avançadas dentro da AEC é lenta e limitada às grandes empresas e que, muitas vezes, é necessário voltar ao papel ou desenhos feitos em CAD 2D, para que todos os profissionais envolvidos no projeto consigam se comunicar de maneira efetiva.

Apesar de representar uma evolução significativa para o meio da AEC, o CAD, hoje, já apresenta sinais de obsolescência. Projetos modelados em CAD não possibilitam informações além da geometria. Funcionalidades básicas para o bom desempenho do projeto como compatibilização automática entre disciplinas, análises de construtibilidade, levantamento de materiais, estudos de eficiência energética são algumas das deficiências que a tecnologia apresenta (HOLANDA, 2019). Para que tais atividades sejam realizadas de maneira satisfatória

em projetos desenvolvidos através do CAD, os profissionais precisam ter alta capacidade técnica além de tempo para dedicar às análises, que são, em sua maioria, manuais.

As alterações de projeto também são mais trabalhosas na tecnologia CAD. Uma vez alterada uma dimensão em um dos projetos, todas as demais plantas, detalhes e cortes que estiverem representando o mesmo local precisam ser modificados um a um. Apesar de serem pranchas da mesma edificação, não há comunicação automática entre elas. A consequência direta da modificação manual é que, muitas vezes, um dos projetos não é alterado conforme os demais e chega-se na obra com informações divergentes para a mesma situação. Para Mikaldo (2006), uma das grandes dificuldades do projeto 2D é que, apesar do uso da tecnologia, a detecção de interferências ainda está limitada à visualização do profissional.

Para Ferreira e Santos (2007), a simplificação dos dados em projetos 2D, de modo que as pranchas não fiquem “poluídas” e sejam legíveis para a equipe na obra, prejudica a interpretação técnica dos projetos. Os autores igualmente afirmam que a utilização de símbolos que não traduzem as dimensões reais dos componentes que representam, também são pontos negativos da utilização da tecnologia CAD.

Eastman et al. (2014) afirmam que, na indústria da construção, a incompatibilidade entre sistemas repetidamente causa falha de comunicação entre os envolvidos no projeto e construção. Para eles, esta é a causa de diversos problemas, como custos adicionais não planejados. Os autores reiteram que, apesar de ser possível a compatibilização através de desenhos 2D, ela é mais complexa e onera mais tempo quando comparada à mesma atividade realizada através de um modelo BIM.

A grande mudança no ato de projetar, que veio com a tecnologia BIM, é a substituição das linhas por objetos inteligentes de construção, que possuem informações (AsBEA, 2015).

Se o CAD é a evolução da prancheta, o BIM seria a evolução da maquete. Modificável de acordo com as relações entre os elementos conjuntos e compreensível através da geometria como um resultado final de um modelo paramétrico inteligente (HOLANDA, 2019, não paginado).

## 2.8 O BIM NO BRASIL E NO MUNDO

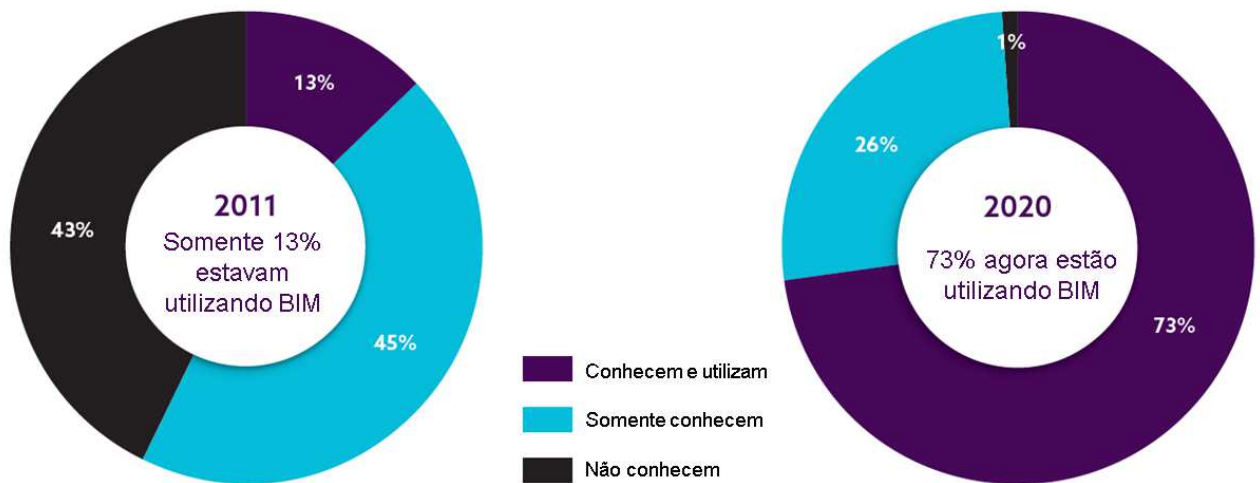
Os primeiros registros dos conceitos que são hoje entendidos como BIM não são recentes. Em 1975, Chuck Eastman publicava um artigo intitulado “*Building Description System*” que incluía noções hoje comuns ao conceito de BIM (LAISERIN, 2007 apud Eastman, 2014).

Embora o BIM tenha sido estudado pela primeira vez há mais de 40 anos, foi no início do segundo milênio que a tecnologia começou a se difundir no meio corporativo, em diversos países do mundo. Observa-se que, na maioria das nações, a implementação do BIM surgiu através de regulamentações governamentais, que definiram como obrigatório o uso da tecnologia em obras financiadas por recursos públicos.

Os Estados Unidos foram pioneiros na implantação do BIM, com um programa nacional criado em 2003, que exigia o uso do BIM a partir de 2006 na fase de projeto de edifícios públicos. Singapura foi o primeiro país do mundo a utilizar um sistema BIM para entrega de projetos e passou a exigir o uso da tecnologia em 2008. O Reino Unido investiu no BIM em 2012 e hoje é uma das nações líderes no uso da tecnologia na Europa. O Chile, desde 2011, já exigia o uso do BIM em algumas obras públicas. Na China, o BIM é bastante difundido, entretanto, não há obrigação para seu uso. Nos Emirados Árabes, a ferramenta é obrigatória na construção de empreendimentos de arquitetura complexa (SIENGE, 2020).

O aumento da difusão do BIM no mundo é inegável. Uma pesquisa realizada, em 2019, pela *National Building Specification* (NBS-UK) com pessoas de todos os continentes (sendo a maioria dos entrevistados do Reino Unido) apontou uma expansão de 60% no uso de BIM na última década, como pode ser observado no gráfico 1.

Gráfico 1: Conhecimento e uso do BIM em 2011 vs 2020



(fonte: adaptado de NBS BIM Report, 2020)

No Brasil, a academia foi a primeira a demonstrar interesse no assunto BIM, ainda em 1996, com dissertações sobre o tema na Universidade Federal Fluminense. Hoje, boa parte das pesquisas BIM do país provém de um grupo acadêmico formado por universidades brasileiras (KASSEM; AMORIN, 2015).

O primeiro esforço governamental para incentivar o uso do BIM, por sua vez, ocorreu em 2017, através da publicação de um decreto que instituiu o Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modeling*. O objetivo do comitê era propor a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, que foi implementada, através de outro decreto, no ano de 2018 (depois revogado por um novo decreto em 2019), e tinha como finalidade “promover um ambiente adequado ao investimento em *Building Information Modeling* – BIM e sua difusão no país” (BRASIL, 2019).

Dentre as premissas propostas pela Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, podemos destacar a criação de normas e regulamentações específicas para adoção do BIM, o desenvolvimento da Plataforma e da Biblioteca Nacional BIM e a capacitação de profissionais para o uso da tecnologia.

No que tange o quesito normativo, a ABNT iniciou seu trabalho ainda em 2009, através da Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção (BIM) (ABNT/CEE-134), visando desenvolver normas técnicas e organizar aspectos importantes para adoção de BIM no Brasil. A ABNT/CEE-134 foi dividida em grupos de estudo para elaboração

da NBR 15965 – Sistema de classificação da informação da construção (ABNT, 2015), que é segmentada em sete partes, sendo que destas, quatro já foram publicadas e as demais estão em desenvolvimento (ABDI, 2020).

Em abril de 2020, o Governo Federal publicou um decreto para implementação do uso do BIM em obras públicas. De acordo com o texto, a implementação deverá ocorrer de forma gradual, iniciando em janeiro de 2021 com uso do BIM no desenvolvimento de projetos de edificações e sendo ampliado para projetos e gestão de obras até 2028 (BRASIL, 2020).

O pioneirismo do uso do BIM na gestão pública no Brasil ocorreu no estado de Santa Catarina, com uma licitação, em 2014, para construção do Instituto de Cardiologia em Florianópolis (ESTADÃO, 2018). Em outros estados, o BIM também já é presente em algumas obras, como é o caso da nova Ponte do Guaíba, em Porto Alegre, e da duplicação da BR-364, no Mato Grosso (ABDI, 2020). Em 2021, O DNIT<sup>5</sup>, que já trabalha com iniciativas BIM, lançará o projeto Proarte, piloto oficial do BIM no Brasil, que conta com 8 mil obras como pontes, túneis, viadutos, passarelas e estruturas de contenção ao longo de rodovias federais, contratadas por licitações em que o uso do BIM será premissa básica (ABDI, 2020).

Ruschel et al. (2013), afirmam que, com a disseminação do BIM no Brasil, a preocupação com a formação de profissionais qualificados e consequente necessidade de inserção do BIM nas grades curriculares dos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil é inerente. Embora ainda em estágio introdutório, algumas universidades brasileiras, já incluíram a formação básica em BIM em seus currículos. Os autores ainda afirmam que, para que a indústria da AEC se beneficie dos avanços tecnológicos trazidos pelo BIM, é preciso ter uma estratégia efetiva de ensino.

Caberá às universidades capacitar os novos profissionais que irão implementar BIM na indústria. Dentro de um mercado amplamente globalizado, corre-se o risco de que parte do desenvolvimento de projetos de grande porte não seja realizada no Brasil, justamente pela falta de profissionais habilitados para desenvolver os novos papéis exigidos por essa ruptura de paradigma, advinda com o BIM (RUSCHEL et al., 2013, p. 163).

---

<sup>5</sup> Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

### 3 O PROCESSO DE PROJETO

O Instituto de Gerenciamento de Projetos – PMI (2017, tradução nossa, p.4), define projeto como:

[...] um esforço temporário com a intenção de criar um produto, serviço ou resultado único. [...] Os projetos são realizados em todos os níveis organizacionais. Um projeto pode envolver um único indivíduo ou um grupo. Um projeto pode envolver uma única unidade organizacional ou várias unidades organizacionais de diversas organizações.

De acordo com a NBR-5674, projeto é a “descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de Engenharia ou de Arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e legais” (ABNT, 1999, p.2).

Para Toledo (1994, apud Oliveira, 2005), o projeto de construção civil não permite erros, uma vez que é uma operação única e específica para determinada edificação.

Franco (1992) corrobora afirmando que, as decisões tomadas na etapa de projeto, são as mais impactantes em termos de custo, prazo de obra e qualidade do produto final.

O modo de elaborar projetos sofreu significativas alterações ao longo dos últimos anos. De acordo com a AsBEA (2015), a representação projetual, que por muitos anos foi manual e artesanal, hoje dá lugar a projetos desenvolvidos com auxílio da tecnologia BIM, que trazem consigo não somente linhas, mas elementos de construção com informação.

A AsBEA (2015) afirma que, no atual processo de projeto, é:

[...] imprescindível o projetista entender o funcionamento da construção para montar o modelo e inserir os dados necessários. A partir deste ponto, a documentação (desenhos e quantitativos) torna-se o resultado deste processo e não mais o processo em si (AsBEA, 2015, p.15).

De acordo com Avilla (2011), deve-se atentar para a relevância da etapa de projeto, uma vez que esta fase possui grande influência sobre os resultados do empreendimento. Quanto maior o tempo investido em um projeto de qualidade, menores serão as falhas e retrabalhos durante a execução da edificação e, conseqüentemente, menores serão as incidências de manifestações patológicas ao longo da vida útil do empreendimento.



### 3.1 ETAPAS DO PROCESSO DE PROJETO

A elaboração de um projeto, desde os estudos iniciais para sua concepção até a entrega final, passa, usualmente, por diversas equipes que podem estar dentro de uma mesma organização ou até mesmo em empresas externas. Desse modo, o projeto pode ser dividido em partes sucessivas de desenvolvimento das atividades técnicas que o compõem.

A NBR 13531 (ABNT, 1995) define as etapas essenciais do processo projetual como demonstrado a seguir.

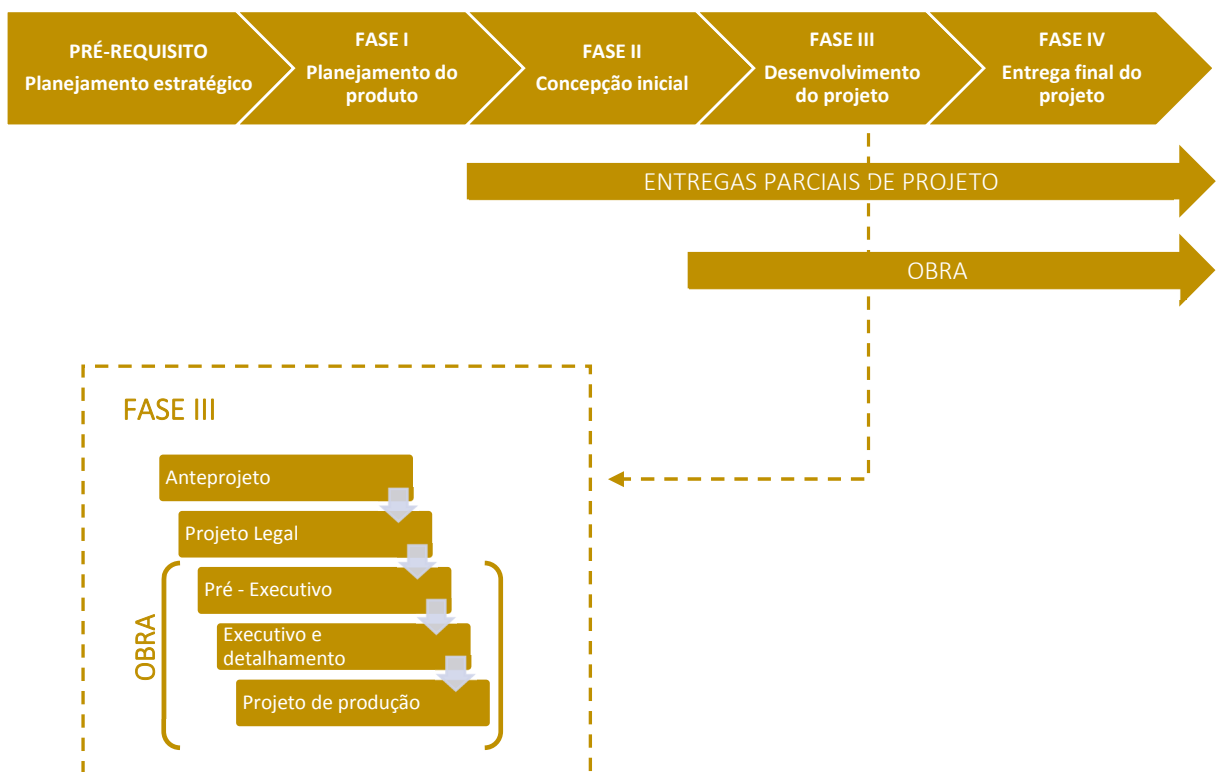
- a) Levantamento (LV): coleta de dados de referência (físicos, técnicos, legais, sociais, financeiros) que demonstrem condições preexistentes para instruir a elaboração do projeto.
- b) Programa de necessidades (PN): determinação das necessidades e expectativas dos clientes a serem satisfeitas pela edificação.
- c) Estudo de viabilidade (EV): análises e avaliações para elencar alternativas para a concepção da edificação no terreno em questão.
- d) Estudo preliminar (EP): concepção e representação das informações técnicas iniciais necessárias para a compreensão da configuração da edificação.
- e) Anteprojeto (AP): concepção e representação das informações técnicas provisórias de detalhamento das instalações e componentes da edificação. Permite análise da relação entre sistemas, bem como estimativas de custo e prazo.
- f) Projeto Legal (PL): representação das informações técnicas necessárias para análise e aprovação legal do empreendimento.

- g) Projeto Executivo (PE): concepção e representação final das informações técnicas da edificação. Inclui todas as informações necessárias para execução dos serviços na obra.

Para a AsBEA (2000), em definição publicada no Manual de Contratação dos Serviços de Arquitetura e Urbanismo, a etapa de projeto executivo ainda apresenta subdivisões em pré-executivo, projeto básico, projeto de execução e detalhes de execução.

Silva e Souza (2003) entendem que o processo projetual pode ser dividido em oito subetapas. As cinco primeiras tratam das atividades desenvolvidas desde o planejamento estratégico do empreendimento até a entrega final do projeto. As últimas três, são posteriores à entrega final de projeto e se referem ao acompanhamento da obra, *as built* e avaliação de satisfação do cliente pós ocupação. A Figura 4, ilustra o fluxo de projeto idealizado por Silva e Souza (2003) até a fase IV, as demais serão omitidas pois não fazem parte do foco deste estudo.

Figura 4: Fluxo de projeto ao longo do tempo



(fonte: Adaptado de Silva e Souza, 2003)

Fontanelle (2002) afirma que, nos últimos anos, tem crescido o número de atores envolvidos no processo de projeto, devido à necessidade de maior especialização dos projetistas que

acompanham o avanço tecnológico vivido pela construção civil. Da mesma maneira, a complexidade na gestão dos projetos acompanha este crescimento.

O projeto, que já foi interpretado por muitos empresários como uma despesa a ser minimizada, hoje assiste a um crescimento na sua valorização (FONTANELLE, 2002). Manso (2007), afirma que as construtoras mais bem estruturadas, no que diz respeito aos aspectos técnicos, reconhecem a importância de um projeto bem elaborado, bem como sua gestão e coordenação.

Adesse e Melhado (2003) reiteram que:

Devemos considerar que o projeto é desenvolvido pela interação entre as várias especialidades de projeto e mesmo o processo de produção do empreendimento é resultado da participação de diversos outros agentes; dessa forma, a qualidade do projeto e do empreendimento envolvem não apenas a gestão dos processos em cada empresa, mas, também, a articulação entre os processos dessas empresas (ADESSE; MELHADO, 2003, p.2).

Da carência de tornar o fluxo de projetos integrado e promover a colaboração entre os seus agentes surgiu a coordenação de projetos (SILVA; SOUZA, 2003).

### 3.2 COORDENAÇÃO DE PROJETOS

No cenário atual da indústria da AEC no Brasil, é usual a contratação de projetistas terceirizados para elaboração dos projetos de empreendimentos de construtoras e incorporadoras. Para Nóbrega e Melhado (2013), o aumento de profissionais e empresas envolvidas no processo se deve à crescente complexidade das edificações, inserção de novos materiais e tecnologias construtivas e da quantidade de serviços antes inexistentes no meio da construção.

Neste contexto, a troca de informações entre os agentes do processo se torna mais complexa e, por consequência, a coordenação de projetos é vista como cada vez mais necessária.

Conceber, projetar e construir um empreendimento implica na realização de inúmeras atividades técnicas, administrativas e financeiras, as quais precisam de uma efetiva coordenação para cada fase e entre elas, de modo a propiciar o resultado esperado em termos de prazo, qualidade e custos (ADESSE; MELHADO, 2003, p.2).

O coordenador de projetos surge como agente fomentador da interação e cooperação entre os atores do fluxo de projeto visando o bom resultado do processo e das soluções adotadas. Desse modo, é necessário que o profissional responsável pela coordenação esteja realmente habilitado para desempenhar esta importante função (NOBREGA; MELHADO, 2013).

De acordo com a Techné (2008), o coordenador deve orientar os projetistas responsáveis pela verificação dos projetos, questionando as soluções propostas e instigando alternativas. Entretanto, não cabe ao coordenador suprir a insuficiência técnica que eventualmente possa existir nos projetos contratados.

No que diz respeito aos conhecimentos básicos, Nóbrega e Melhado (2013) afirmam que o profissional responsável pela coordenação de projetos deve ter uma formação abrangente o bastante para ser capaz de compreender e discutir com os projetistas as questões inerentes aos projetos.

Para Silva e Novaes (2008), a aptidão do coordenador vai além de sua formação acadêmica e depende muito de sua vivência profissional. Os autores defendem que o coordenador deve ter uma visão integrada do processo de projeto, de modo a avaliar corretamente as soluções propostas nas diversas disciplinas, além de organizar o fluxo de informações.

Nóbrega e Melhado (2013) descrevem como conhecimentos necessários ao coordenador de projetos:

- técnicas e processos de projeto de todas as disciplinas envolvidas no processo;
- domínio de normas, leis e códigos de construção do local onde a edificação será construída;
- técnicas construtivas tradicionais e inovação tecnológica na construção civil;
- planejamento, gestão e controle de projetos;
- coordenação da informação.

Adesse (2006), ainda, acrescenta que o coordenador de projetos deve ter senso crítico para questionar as soluções propostas pelos projetistas especialistas - que em geral não detém o conhecimento global -, ser apto a buscar novas soluções com destreza, ter uma visão sistêmica e um conhecimento profundo do processo de projeto, ser capaz de reaprender e atualizar conhecimentos, além de ter habilidade de manter o grupo de trabalho unido, motivado e integrado com o processo e com os interesses do construtor, da incorporadora e do cliente.

O perfil de gestor do coordenador de projetos é corroborado pela Techné, que afirma que “Além da experiência técnica para perceber detalhes de projetos de diversas áreas, o coordenador deve ter capacidade de liderar e gerenciar pessoas e ser planejador” (TECHNÉ, 2008, não paginado).

De fato, a presença de um coordenador de projetos eficiente é de extrema importância para o sucesso do projeto. De acordo com Adesse e Melhado (2003), o valor do trabalho do coordenador pode ser atestado com o atingimento da maximização dos lucros da incorporadora e a satisfação do cliente final. Para eles, o coordenador é o agente responsável por tirar o melhor de cada um dos agentes do processo, chegando a um produto excelente que atenda às expectativas do empreendedor e do cliente.

Em síntese, a coordenação de projetos é de extrema importância para promover a qualidade do projeto e, conseqüentemente, da edificação. Para Manso (2007), além de reduzir as incompatibilidades, uma coordenação de projetos adequada pode gerar ganhos significativos de qualidade para o empreendimento, uma vez que, a etapa de projeto é a mais propícia para se testarem novas alternativas e soluções sem gerar impactos financeiros significativos. É no projeto que as soluções construtivas otimizadas devem ser adotadas, de modo a garantir construtibilidade, qualidade e custo ótimo para o empreendimento. O coordenador de projetos é o agente que deve garantir que as soluções técnicas adotadas são as mais adequadas, controlar o fluxo de informações, além de gerir e compartilhar o conhecimento das diversas especialidades de projeto envolvidas no processo (SILVA; NOVAES, 2008).

### 3.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

A compatibilização de projetos é a análise de componentes das diferentes disciplinas que compõem um empreendimento, de modo que não ocupem espaços conflitantes entre si. A compatibilidade do projeto é o atributo que proporciona consistência e confiabilidade de dados até o final da obra (GRAZIANO, 2003, apud SCHEER; MIKALDO, 2008). Jung (2016) acresce que, não apenas os elementos conflitantes entre si geometricamente são um problema a ser avaliado na compatibilização, mas também a falta de espaço para manuseios de peças e sistemas, seja na execução inicial, durante a obra, ou em futuras manutenções.

De acordo com Picchi (1993, apud SCHEER; MIKALDO, 2008), a compatibilização de projetos é a identificação de interferências, sobrepondo os projetos, com objetivo final de resolver as incompatibilidades que foram encontradas, através da comunicação entre as partes envolvidas no processo.

Callegari (2007) explica que a compatibilização é o gerenciamento e integração dos projetos, tendo em vista o perfeito ajuste entre eles. O processo tem como objetivo minimizar as

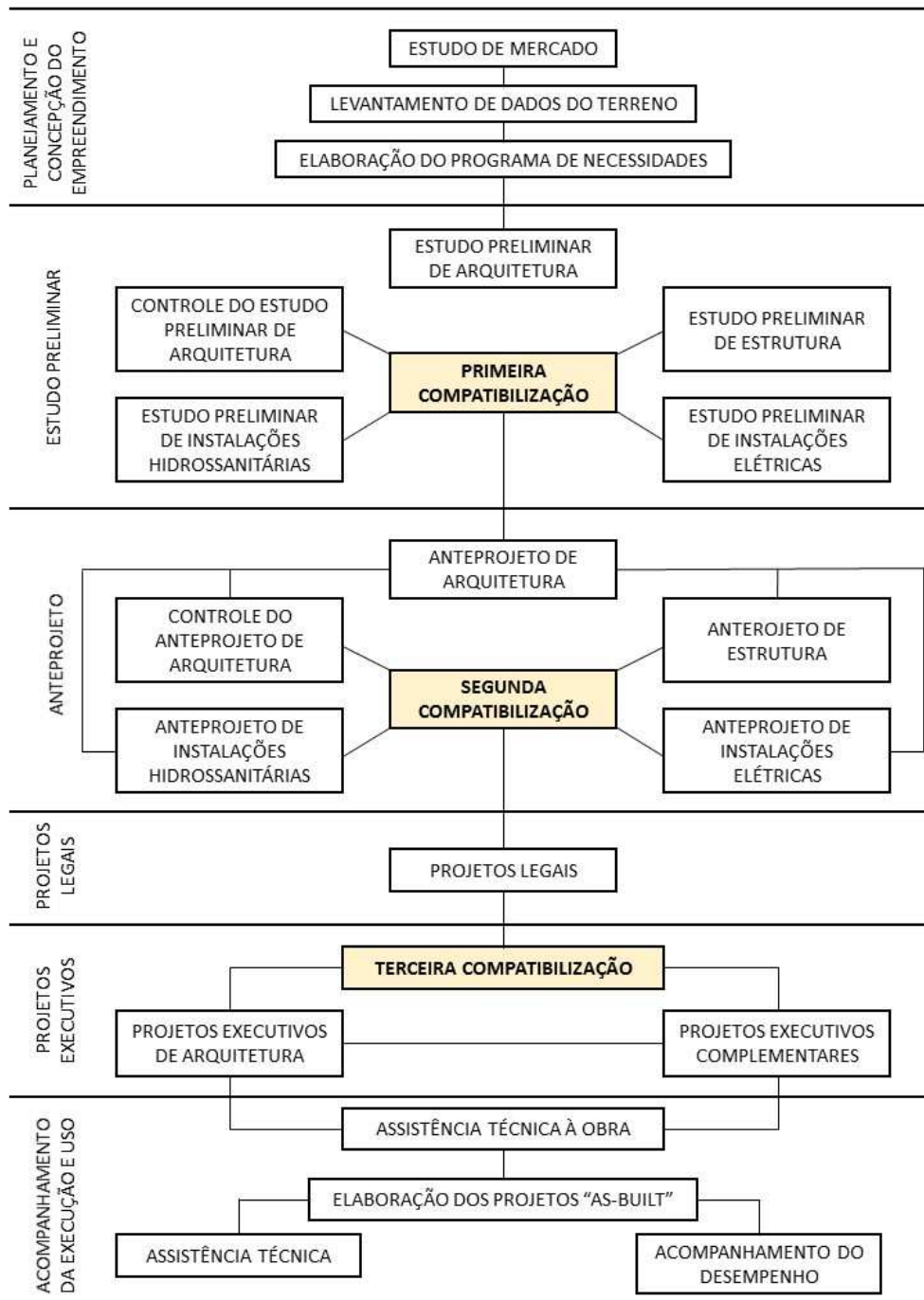
interferências entre os projetos, detectando falhas e inconsistências geométricas, simplificando sua execução, otimizando a utilização de materiais, tempo e mão de obra nos canteiros. Para ela, “a compatibilização é imprescindível para uma produção controlada, é uma atividade viva e constante durante a concepção dos projetos” (CALLEGARI, 2007, p.35).

Para Pinto (2019), o processo de compatibilização compreende a interação de diversas disciplinas de projeto de um empreendimento, com objetivo de identificar, ainda em etapa de projeto, as interferências que podem aparecer na execução. A análise busca eliminar tais incompatibilidades entre os elementos construtivos, de modo a reduzir o retrabalho e desperdício no canteiro de obra.

Segundo Melhado (2005), na compatibilização, os projetos de diferentes disciplinas devem ser superpostos de modo a aferir as interseções entre eles, destacando os problemas para que a coordenação possa providenciar a melhor solução para a obtenção de padrões de controle de qualidade total na obra. O autor defende que a compatibilização deve ser feita no final da etapa de projeto, quando os mesmos já estão concebidos, trabalhando como uma “malha fina” na qual os possíveis erros possam ser detectados.

Em contraponto, Rodrigues e Heineck (2001) acreditam que a compatibilização deve acontecer em todas as etapas do projeto, desde os estudos preliminares até o projeto executivo, buscando integração geral das soluções e averiguação de interferências geométricas. Para eles, o processo de compatibilização fica facilitado se existir desde as etapas iniciais do projeto. A Figura 5 ilustra as compatibilizações inseridas no processo de projeto de acordo com o pensamento dos autores supracitados.

Figura 5: Compatibilização inserida no fluxo de projeto

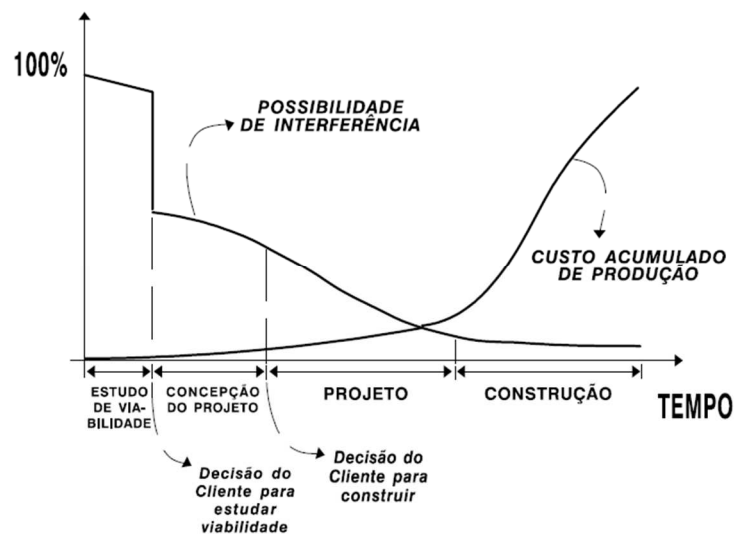


(fonte: Adaptado de Rodrigues e Heineck, 2003)

Apesar de serem diversas as opiniões de estudiosos a respeito da compatibilização, é fato que a não identificação das incompatibilidades durante a etapa de projeto, causará problemas na fase de execução da obra. Se os projetos foram imprecisos ou incompletos, com inconsistências e omissões, surgirão na obra conflitos que podem gerar custos significativos (Eastman et al., 2014).

Quando a incompatibilidade é identificada na obra, e não no processo de compatibilização, a solução precisa ser tomada com certa urgência e já não permite uma gama de opções que antes poderiam ser viáveis. A solução adotada pelo construtor pode exigir a remoção de estruturas já executadas, consumo de mais material que o previsto em orçamento, além de provocar atrasos no cronograma da obra. O Gráfico 2 elucida a influência das modificações de projeto, em termos de custo, em cada etapa do ciclo do empreendimento.

Gráfico 2: Influência das modificações de projeto em termos de custo em um empreendimento



(fonte: adaptado de Fabrício, 2002)

Como observado no gráfico, as alterações feitas na etapa de construção são mais onerosas, portanto, é preciso evitar ao máximo que as interferências e inconsistências projetuais cheguem ao construtor. Elas precisam ser identificadas e sanadas antes, ainda em etapa de desenvolvimento de projeto.

Em suma, a correta compatibilização de projetos é etapa fundamental para o bom andamento da execução de uma edificação, uma vez que é capaz de influenciar custo, prazo, qualidade e produtividade da obra.

Embora parte dos autores descrevam compatibilização como a sobreposição de projetos 2D<sup>6</sup> para localizar interferências entre as disciplinas, este processo exige vasta experiência dos coordenadores de projeto que estão executando a tarefa. Por ser uma atividade puramente

<sup>6</sup> Bidimensional



visual, requer alto nível de conhecimento técnico a respeito de todos os sistemas envolvidos, a fim de encontrar os possíveis erros (JUNG, 2016). O BIM, por sua vez, apresenta elevado potencial de tornar a compatibilização uma atividade descomplicada e de maior acurácia. No modelo, as interfaces entre os múltiplos sistemas são facilmente verificadas de maneira sistemática e visual (EASTMAN et al., 2014).

### 3.4 O PROBLEMA DAS INCOMPATIBILIDADES

Quando um projeto não é adequadamente compatibilizado, provoca uma série de falhas técnicas, denominadas incompatibilidades, que podem persistir até a fase de execução da obra (MARISCO et al., 2017).

Independentemente das causas que ocasionaram as incompatibilidades, é fato que a consequência das mesmas no processo executivo do empreendimento se traduz em atrasos de obra, retrabalhos, desperdícios de materiais e conseqüentemente em aumento de custos (JUNG, 2016).

Quando a incompatibilidade é identificada pelo construtor, momentos antes da execução, são reduzidas as possibilidades de solucionar o problema, de modo que não se consegue fazer uma análise da melhor solução técnica e melhor custo, mas sim uma análise de o que é possível ser feito para resolver o problema naquele momento, sob as condições que se apresentam no canteiro. De acordo com Lorenzi et al. (2014), a pior situação, ainda, se apresenta quando a solução adotada pelo construtor não é efetiva e a incompatibilidade mal resolvida se transforma em uma futura manifestação patológica na edificação.

Dessa forma, conclui-se que, as incompatibilidades necessitam de atenção especial de projetistas e construtores, uma vez que afetam diretamente os custos, prazos e produtividade da obra. Quanto mais cedo forem detectadas, menor é o impacto sobre o projeto como um todo.

### 3.5 CONSTRUTIBILIDADE

O conceito de construtibilidade foi definido, em 1986, pelo *Construction Industry Institute (CII)*<sup>7</sup> como o “uso ótimo do conhecimento de construção e da experiência em planejamento,

---

<sup>7</sup> Instituto da Indústria da Construção

projeto e execução no canteiro de obras para atingir os objetivos globais do empreendimento” (CII, 1986, tradução nossa). A construtibilidade, segundo o CII (1986, tradução nossa), “resulta em melhores projetos, custos menores, maior produtividade nos canteiros além conclusões de projeto e início de obra antecipados”.

Estudiosos da AEC, como Glavinich (1995), Glavan e Tucker (1991) e Luz et al. (1989) apud Nielsen et al. (2009, tradução nossa), afirmam que a complexidade dos empreendimentos fez com que projeto e execução se separassem, sendo executados, em geral, por empresas distintas. Esse distanciamento entre as partes (projeto e canteiro) levou a projetos com definições que, muitas vezes, não eram possíveis de serem executadas no canteiro de obras, necessitando de alteração de projeto já em fase construtiva e causando, conseqüentemente, atraso no planejamento da obra e aumento de custos.

Nesse contexto, “as empresas constataram que se tornou fundamental a utilização de critérios que assegurem a racionalização da obra e a construtibilidade, o que exige projetos adequados e harmônicos entre si” (ADESSE; MELHADO, 2003, p.2).

De acordo com Rodríguez e Heineck (2003), a construtibilidade é o uso adequado do conhecimento e experiência sobre construção de modo a otimizar a execução das edificações. Para os autores, a construtibilidade deve estar presente, principalmente, durante o desenvolvimento do projeto, com ênfase à interface projeto - execução.

A construtibilidade é um campo de pesquisa muito amplo e permitiria uma análise mais aprofundada do que a que é aqui apresentada. Para os objetivos deste trabalho, no entanto, é suficiente o conceito de construtibilidade como o uso do conhecimento técnico em engenharia, aliado à experiência em construção de modo a produzir projetos que apresentem soluções que sejam, de fato, exequíveis no canteiro de obra. “A construtibilidade está diretamente ligada à qualidade das soluções projetuais, à integração entre projetos e dos projetos com o sistema de produção da obra” (FABRICIO, 2002, p. 201).

## 4 ESTUDO DE CASO

O presente capítulo será dividido em descrição dos empreendimentos estudados, descrição das incompatibilidades de cada obra e através dos dados levantados, serão apresentados os resultados. O estudo de caso apresentado neste trabalho foi desenvolvido em dois empreendimentos, do tipo residencial, de uma mesma empresa incorporadora e construtora de grande porte da região de Porto Alegre.

Atualmente, a construtora possui 17 empreendimentos<sup>8</sup> que já utilizam a tecnologia BIM e mais 3 estão sendo concebidos dentro da metodologia. Apesar de a empresa utilizar o BIM em diversos projetos, ainda não estão sendo utilizadas todas as funcionalidades que a modelagem oferece. De modo geral, os projetos da construtora estão inseridos integralmente na dimensão 3D do BIM – que é a mais utilizada na empresa – e, de maneira mais introdutória, apresentam algumas informações e usos característicos do BIM 4D, como a coordenação entre equipes de trabalho e otimização do planejamento de atividades.

De acordo com a engenheira civil especialista em BIM da construtora (informação verbal)<sup>9</sup>, o processo de adoção da metodologia BIM, dentro da construtora, iniciou com uma provocação de colaboradores dos setores de orçamento e planejamento que apresentaram para a diretoria a necessidade de modelar os projetos com intuito de facilitar a quantificação de elementos. Para a engenheira, a empresa vem apresentando crescimento gradual no assunto. Em 2017, entendia-se a necessidade de implementação do BIM, porém não havia direcionamento estratégico consolidado e os projetistas eram pouco ou nada capacitados. No ano de 2018 o cenário era de alinhamento com a diretoria para entendimento dos principais usos do BIM, com foco na quantificação de materiais para elaboração de orçamento executivo das obras. Foram revisados processos de projeto para adaptação à metodologia, além de troca de conhecimento com empresas que já faziam uso da modelagem da construção. Em 2019 se consolidaram as revisões de processos de projeto, parâmetros de orçamento e diretrizes de modelagem. Foram, também, iniciados os trabalhos de capacitação dos projetistas para que atendessem os novos padrões de demanda da empresa. Naquele mesmo ano, ampliou-se a conversa sobre a implementação do

---

<sup>8</sup> Considerados empreendimentos em obras e empreendimentos em fase de lançamento.

<sup>9</sup> Entrevista concedida por JUNG, Rafaela. Entrevista I. [jan. 2021]. Entrevistador: Luana Variani. Porto Alegre, 2021. 1 arquivo.pdf. A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no Apêndice A desta monografia.

BIM com os demais setores da construtora, de modo a enxergar como a empresa poderia ser impactada positivamente no todo com o uso da tecnologia, além de demonstrar que o uso do modelo seria muito importante nos canteiros de obra. No ano seguinte, a capacitação e trabalho com projetistas no desenvolvimento de projetos modelados teve continuidade e em 2021, o foco se encontra no ensino e disseminação do uso do modelo pelas equipes de obra, com vistas a encontrar soluções mais ágeis para os problemas de engenharia através do BIM.

Embora ainda em processo evolutivo no que diz respeito à modelagem da informação da construção, a empresa já adota o BIM em parte das disciplinas de projeto de diversas obras que estão em andamento.

O principal diferencial entre as duas obras estudadas neste trabalho é a forma de elaboração dos projetos utilizados em cada uma delas. Enquanto a primeira foi projetada de maneira tradicional, utilizando a metodologia CAD, a segunda utiliza tecnologia BIM na elaboração de grande parte dos projetos necessários para sua construção.

O presente capítulo descreve ambos os empreendimentos e analisa quais os impactos do uso do BIM no processo de projeto e suas consequências na construção das edificações.

Dentro do formato padrão da construção civil, seria difícil a existência de duas edificações idênticas que possibilitassem a comparação do processo construtivo. Para este trabalho, está sendo considerado que as duas obras estudadas são do mesmo padrão, executadas pela mesma construtora, mas com projetos distintos, bem como equipes de execução diferentes. Mas a análise principal irá focar nos tipos de problemas apresentados por ambas, procurando avaliar o impacto gerado e como a adoção do BIM influenciou na obra que contou com esta tecnologia.

## 4.1 OBRAS ESTUDADAS

### 4.1.1 Obra 1

A edificação projetada em CAD faz parte de um complexo de uso misto, que conta com torre comercial, torre residencial e shopping. A construção teve início em janeiro de 2019 e a entrega está prevista para maio de 2021. Neste estudo, será analisado apenas o trecho referente à torre residencial do empreendimento (Figura 6), que, a partir de agora, será chamado de Obra 1.

Figura 6: Fotomontagem do empreendimento 1



(fonte: Adaptado do repositório de projetos da construtora)

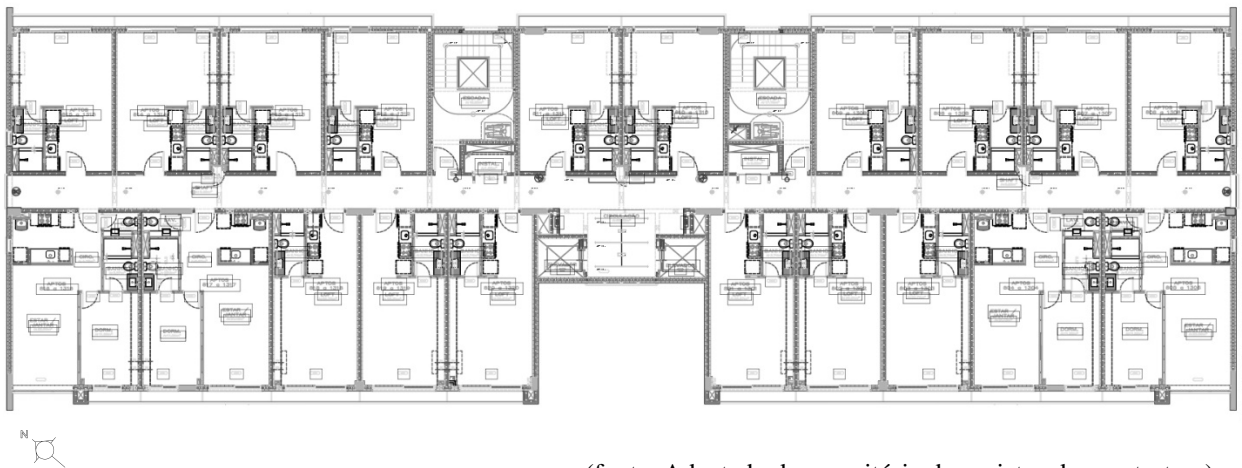
A Obra 1 possui 11.132,14 m<sup>2</sup> de área construída, distribuídos em uma torre que inicia no 6º pavimento e vai até o 13º pavimento (Figura 7). Os cinco primeiros pavimentos fazem parte do shopping do empreendimento. No sexto piso, encontram-se as áreas condominiais. Os demais pavimentos são constituídos por 20 unidades privativas cada, sendo elas 16 lofts de 28 e 29 m<sup>2</sup> e 4 unidades de um dormitório com 48 m<sup>2</sup> (Figura 8). Ao todo, o empreendimento possui 140 unidades autônomas. A laje tipo da torre possui, aproximadamente, 950 m<sup>2</sup>.

Figura 7: Corte da Obra 1 – Trecho torre



(fonte: Repositório de projetos da construtora)

Figura 8: Planta baixa da Obra 1



(fonte: Adaptado do repositório de projetos da construtora)

Os projetos apresentados nas Figuras 7 e 8 podem ser encontrados em tamanho original no Anexo A.

A estrutura da torre é moldada in loco em concreto armado convencional. As paredes de vedação externa, de divisa entre unidades e de divisa de unidades com áreas comuns são feitas com bloco cerâmico e revestimento de argamassa. As divisórias internas das unidades, por sua vez, são de gesso acartonado.

As instalações elétricas e hidráulicas das unidades são embutidas nas paredes e lajes. No caso da hidráulica, existem, também, tubulações suspensas na laje. Nas canalizações de água foram

utilizados tubos rígidos, enquanto nas instalações elétricas as passagens para os condutores de energia são flexíveis. As unidades são entregues com linhas frigorígenas, também embutidas nas paredes, para instalação de ar-condicionado. Devido à presença de um shopping no empreendimento, a torre residencial possui também sistema de incêndio com *sprinklers* na circulação.

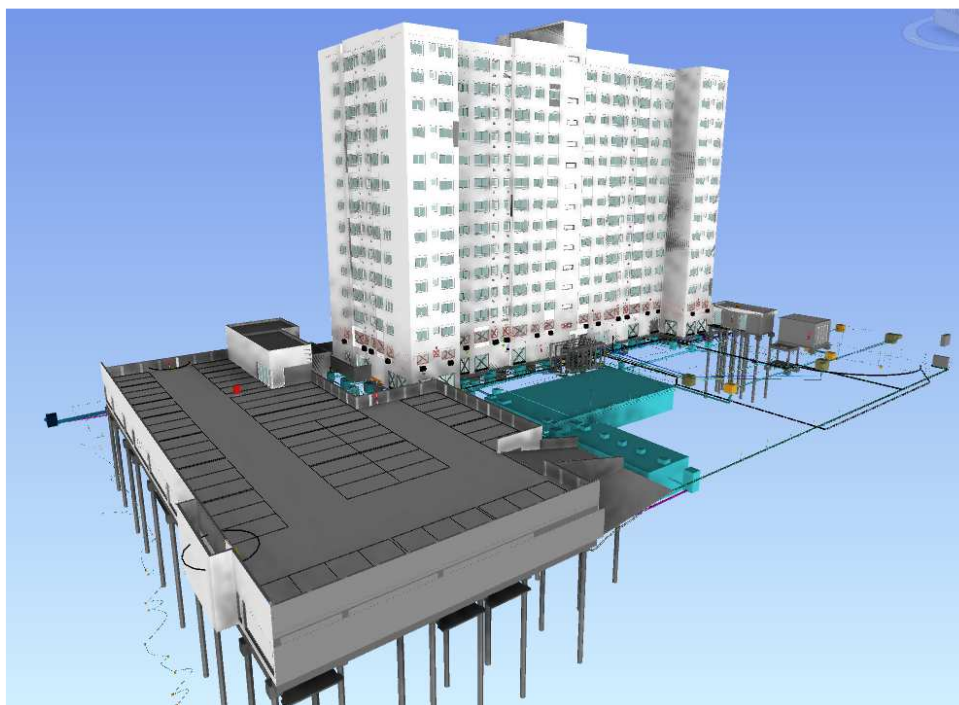
A fachada da torre possui revestimento cerâmico, pele de vidro e gradil venezianado nas lajes técnicas. As esquadrias externas do empreendimento são de alumínio.

A cobertura da torre será com telhado verde e impermeabilização sobre laje de concreto.

#### 4.1.2 Obra 2

O empreendimento concebido através da metodologia BIM será tratado neste trabalho como Obra 2 (Figura 9). A edificação começou a ser construída em julho de 2019 e tem entrega prevista para setembro de 2021.

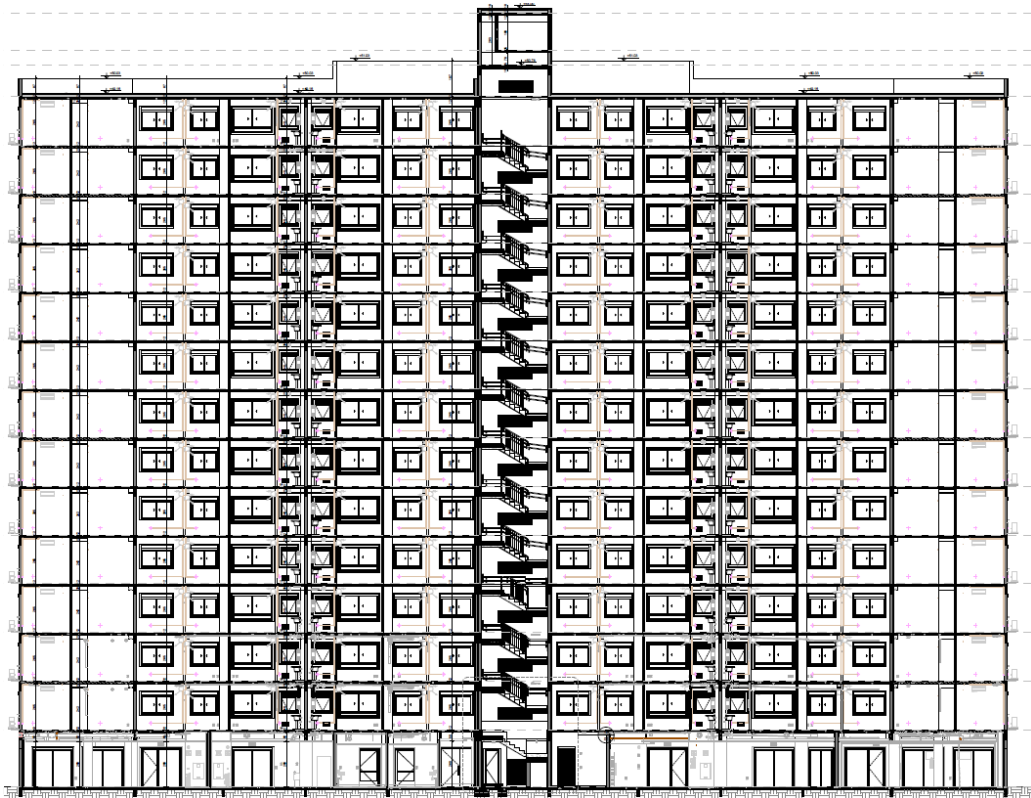
Figura 9: Modelo da Obra 2



(fonte: modelo da Obra 2)

A obra 2 é um empreendimento residencial constituído por 14 pavimentos (Figura 10). Os andares tipo (2º ao 14º) são compostos por 12 apartamentos por andar (Figura 11). Cada pavimento possui 4 unidades de 53,2 m<sup>2</sup>, 4 unidades de 51,99 m<sup>2</sup> e 4 unidades de 66,24m<sup>2</sup>. No térreo estão localizadas as áreas condominiais do empreendimento e 6 apartamentos com pátio, totalizando 162 unidades residenciais. A área total construída do empreendimento é de 12.793,85 m<sup>2</sup>.

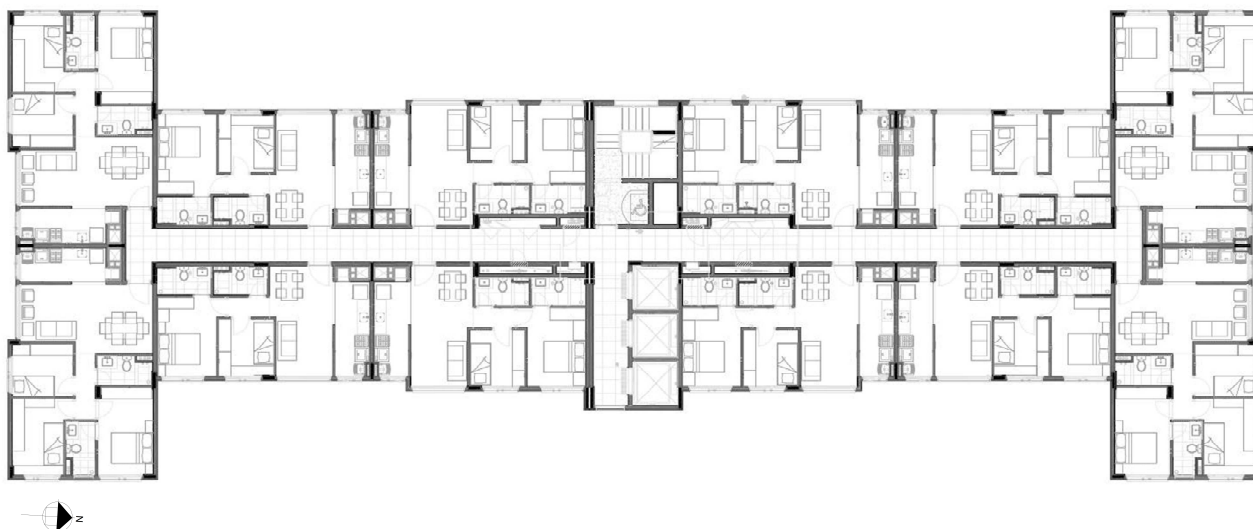
Figura 10: Corte da Obra 2



(fonte: adaptado do repositório de projetos da construtora)



Figura 11: Planta baixa do pavimento tipo da Obra 2



(fonte: adaptado do repositório de projetos da construtora)

Os projetos apresentados nas Figuras 10 e 11 podem ser encontrados em arquivo original no Anexo B.

A estrutura da edificação é em concreto armado convencional, moldado no local. As paredes de vedação externas, divisas entre unidades e divisas entre unidades e áreas comuns são em alvenaria. As divisórias internas são em gesso acartonado.

As instalações elétricas são embutidas nas paredes e lajes. As passagens para os condutores de energia são em material flexível. As instalações hidráulicas são parte embutidas nas paredes e lajes e parte suspensas nas lajes. As canalizações de água são, em sua maioria, tubulações flexíveis do tipo PEX<sup>10</sup>, já as canalizações de esgoto são rígidas. As instalações de gás do empreendimento também são em tubulação flexível do tipo PEX. A Obra 2 não entrega linhas frigoríferas nas unidades, apenas espera para instalação das mesmas.

A fachada do empreendimento é revestida com argamassa, textura e pintura. As esquadrias externas são de PVC. A cobertura do empreendimento será com impermeabilização sobre laje de concreto.

Deve-se ressaltar que a modelagem da Obra 2 ainda é bastante primitiva se comparada ao potencial oferecido pelo BIM. Apesar de a obra estar em fase executiva, o projeto encontra-se no nível de desenvolvimento 350 e não deve evoluir para níveis superiores. De acordo com a

---

<sup>10</sup> Tubulação flexível fabricada em polietileno reticulado.

engenheira Rafaela (informação verbal)<sup>11</sup>, a maturidade do projeto da Obra 2 se encaixa em um nível inicial, uma vez que existe o uso de softwares e modelos com tecnologia BIM, porém falta integração e colaboração dentro dos modelos de forma mais estruturada. Os modelos são utilizados, majoritariamente, para geração de documentação 2D, visualizações e compatibilizações em 3D, sem que haja significativa coordenação da informação. Ela ainda ressalta que a Obra 2 foi o piloto de muitos projetistas que trabalharam no empreendimento, sendo um processo de aprendizado ao longo da execução, tanto para a construtora como para os escritórios parceiros.

Como o projeto da Obra 2 havia sido contratado e iniciado antes da implantação propriamente dita do plano de execução BIM na construtora, nem todas as disciplinas puderam ser modeladas, uma vez que alguns projetistas (já contratados) não conseguiram se adaptar à nova metodologia em tempo hábil. Foram elaboradas, dentro da metodologia BIM, as disciplinas de projeto de fundações, estrutural, arquitetônico, ar-condicionado, elétrico, gás, hidráulico, interiores e plano de prevenção e proteção contra incêndios (PPCI). A escolha das disciplinas projetadas em BIM não foi estratégica, mas sim circunstancial, levando-se em conta o que estava disponível no mercado naquele momento.

A Obra 2 foi pioneira no uso de BIM dentro da empresa. A engenheira Rafaela, analista de projetos especializada em BIM, que atua na empresa construtora há 3 anos, (informação verbal) afirma que, apesar das dificuldades e falhas ocorridas durante o processo, a Obra 2 representou um significativo avanço frente aos demais projetos da empresa, uma vez que foi possível trabalhar com diretrizes definidas e atendimento à grande parte delas. O projeto da Obra 2 trouxe, para projetistas externos, setor interno de projetos e equipe de obra, aprendizados que se perpetuam e se aprimoram nos novos projetos da empresa.

## 4.2 ANÁLISE DAS INCOMPATIBILIDADES DA OBRA 1

A Obra 1, projetada inteiramente no AutoCAD, apresentou um número significativo de incompatibilidades entre disciplinas, que foram detectadas no canteiro de obras. Embora grande parte dos projetos estivessem liberados para a obra, em fase executiva, já tendo passado pela etapa de compatibilização, foram encontradas inexatidões e omissões nas plantas.

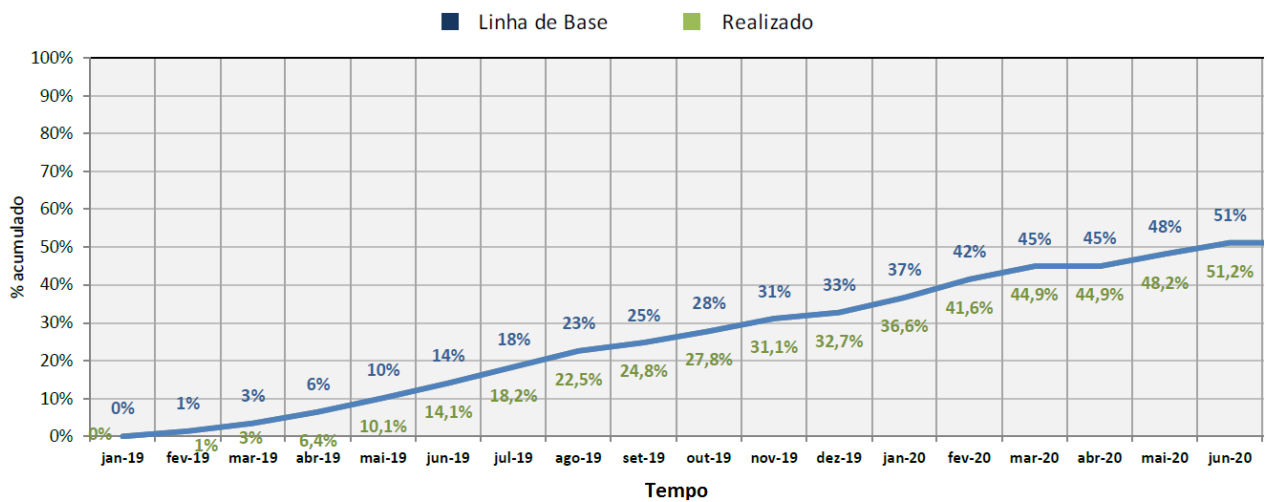
---

<sup>11</sup> Entrevista concedida por JUNG, Rafaela. Entrevista II. [fev. 2021]. Entrevistador: Luana Variani. Porto Alegre, 2021. 1 arquivo.pdf. A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no Apêndice B desta monografia.

Como tratado anteriormente, é sabido que falhas na compatibilização de projetos podem persistir até o momento da execução da obra, sendo este o pior cenário para solucionar problemas detectados, pois é a condição em que os custos para sanar as incompatibilidades são maximizados, enquanto o prazo para tal é minimizado.

Os dados de interferências de projeto detectados na Obra 1 foram coletados até junho de 2020, quando o empreendimento atingiu a marca dos 50% de evolução física (Figura 12).

Figura 12: Evolução física da Obra 1 (até o fim da análise de interferências de projeto)



(fonte: cedido pela empresa)

A pesquisa realizada em campo apontou que, na Obra 1, a maior parte das interferências detectadas tinha relação com a disciplina de estrutura de concreto. Abaixo são expostas as incompatibilidades de projeto encontradas no empreendimento.

- a) **Furação em laje para escada pressurizada:** o projeto inicial, emitido em 24/07/2018 apresentava uma abertura na laje L413 para execução do duto da escada pressurizada. As lajes L412 e L421 não possuíam *shafts*<sup>12</sup>.

De janeiro a março de 2019, as lajes foram executadas de acordo com o projeto na revisão 00, entretanto, o *shaft* da laje L413 era despropositado, uma vez que seria um duto de escada pressurizada em uma escada que não possui pressurização, pois é ventilada. Já as lajes L412 e

<sup>12</sup> Aberturas nas lajes para passagem de tubulações e instalações verticalmente.

L421, que foram executadas sem furação, precisavam de passagem para alimentação do painel de medidores de energia de cada pavimento e demais alimentações de elétrica.

As imagens abaixo elucidam o fato relatado. No Quadro 01 está apresentado o controle de alterações do projeto estrutural do pavimento tipo da Obra 1. Na Figura 13 encontra-se o projeto estrutural na versão 00 e a Figura 14 mostra o projeto na revisão 02.

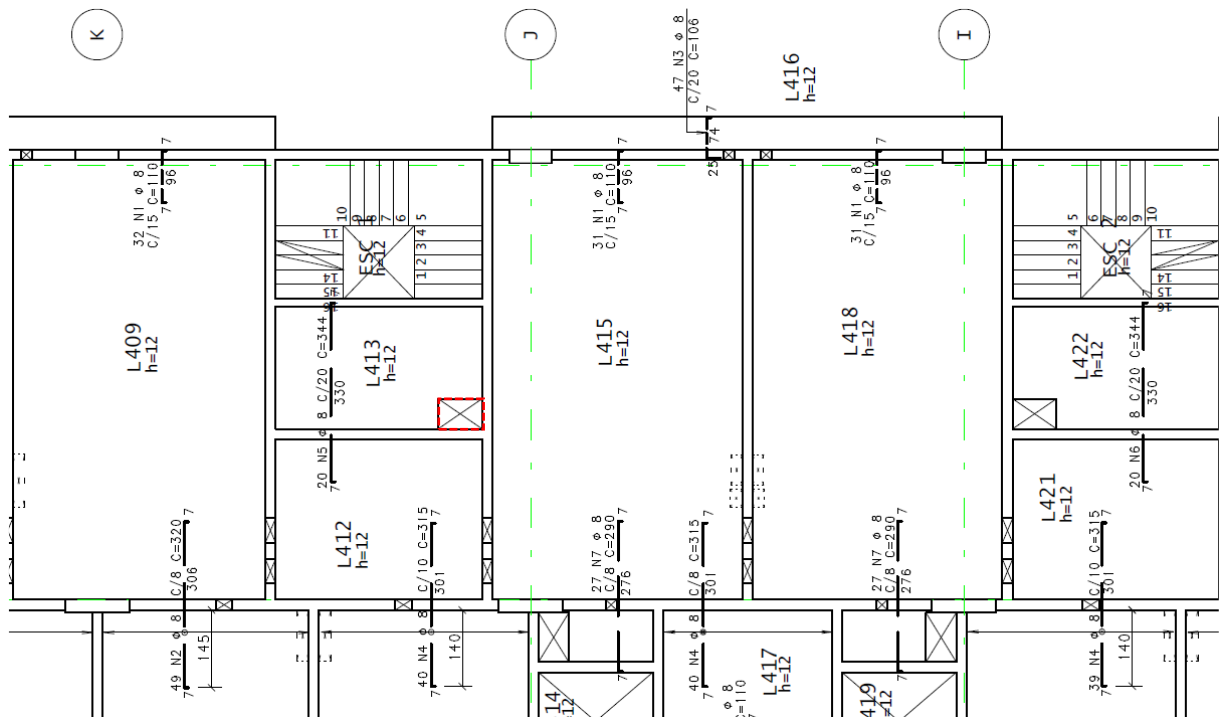
A Figura 15 apresenta o shaft da laje L413 executado na obra.

Quadro 1: Controle de alterações do projeto estrutural da laje tipo da Obra 1

DATA	ALTERAÇÃO	REV.	RESPONSÁVEL
12/03/19	REMOÇÃO SHAFT L413	02	
07/03/19	ADICIONADO FUROS NAS LAJES L412 E L421	01	
24/07/18	EMISSÃO INICIAL	00	

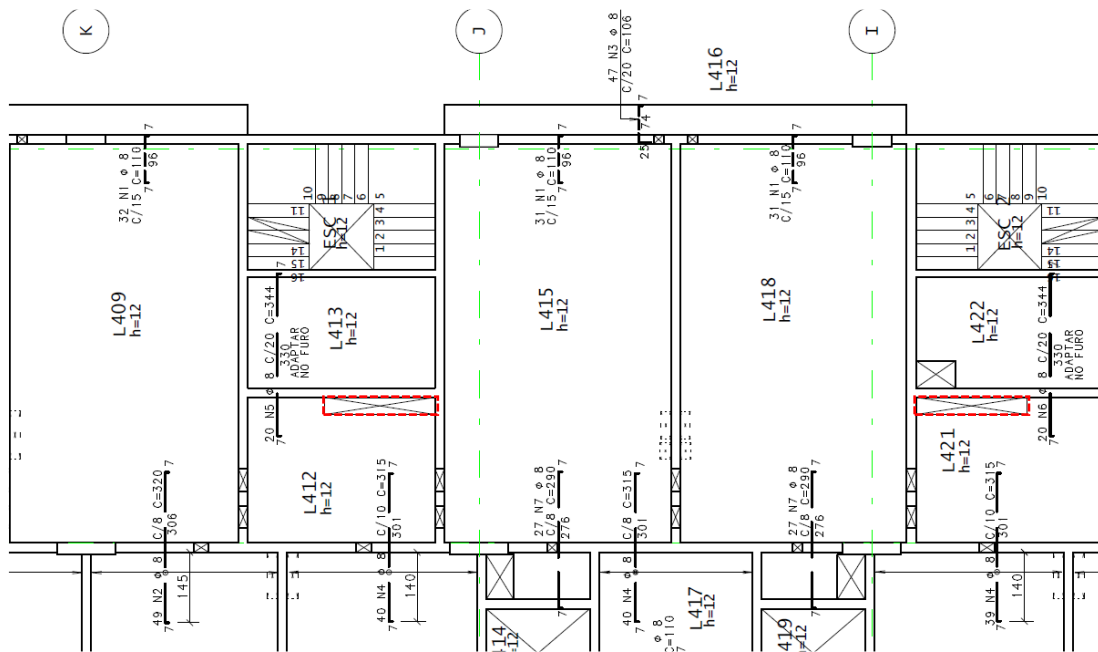
(fonte: adaptado do repositório de projetos da construtora)

Figura 13: Projeto estrutural da laje tipo da Obra 1 – Revisão 00



(fonte: adaptado do repositório de projetos da construtora)

Figura 14: Projeto estrutural da laje tipo da Obra 1 – Revisão 02



(fonte: adaptado do repositório de projetos da construtora)

Figura 15: Shaft executado em todos os pavimentos

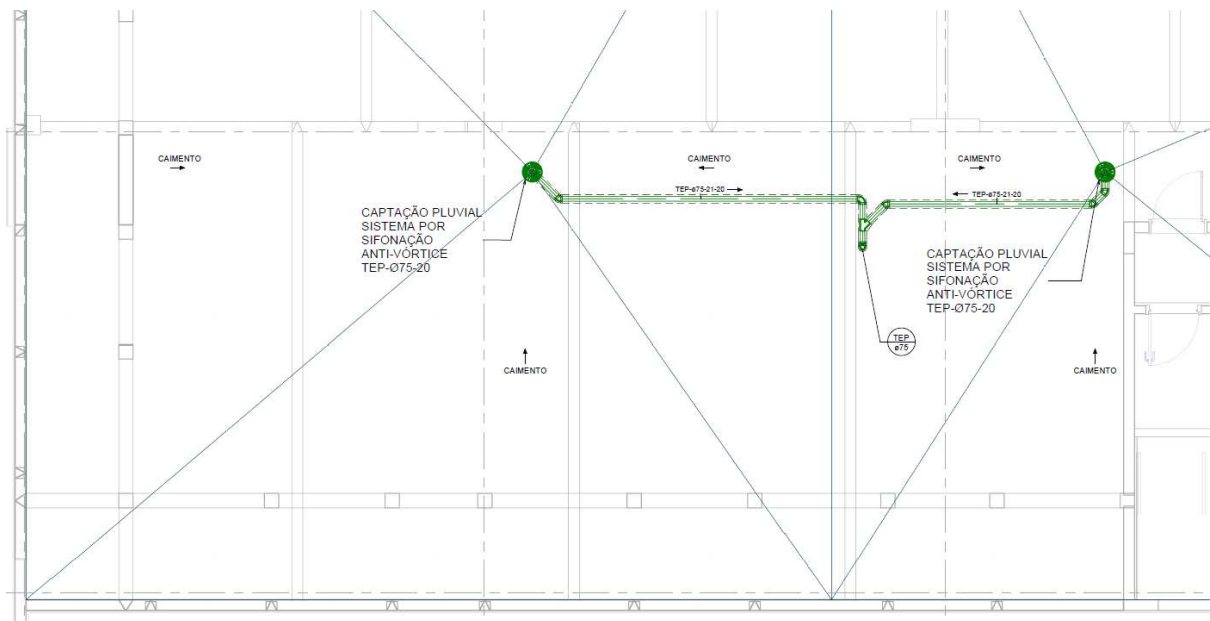


(fonte: foto da autora)

- b) **Furação em vigas para passagem de instalações:** a coleta de água da cobertura do empreendimento é realizada através de um sistema antivórtice de captação e drenagem de águas pluviais (Sistema EPAMS) que funciona à seção plena, captando um volume de água até oito vezes maior que o sistema de drenagem convencional por gravidade. Apesar de não ser necessário caimento neste tipo de tubulação, otimizando o espaço a ser utilizado, esta instalação hidráulica não foi compatibilizada com as instalações elétricas do

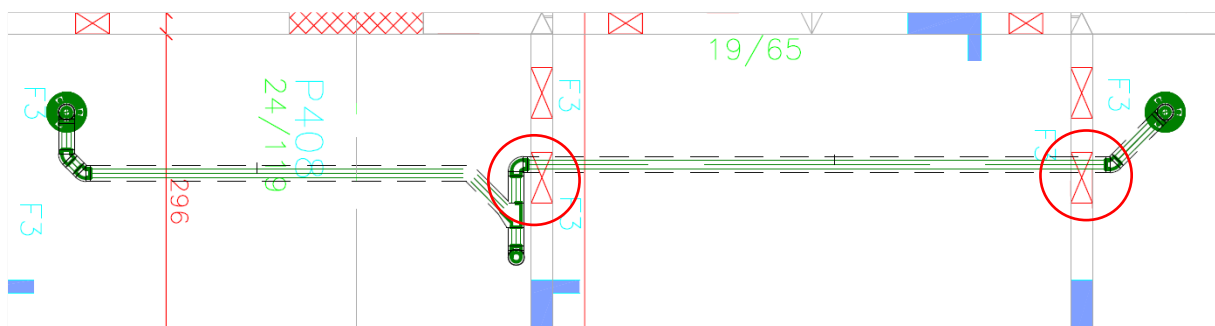
pavimento inferior. Deste modo, as eletrocalhas que passavam no mesmo alinhamento que as instalações hidráulicas tiveram de ser rebaixadas, perdendo-se a utilização dos furos deixados nas vigas para passagem das mesmas e fazendo com que o forro de todo o pavimento fosse rebaixado. A Figura 16 apresenta o sistema de coleta de águas pluviais da cobertura, enquanto as Figuras 17 e 18 evidenciam a incompatibilidade entre a descida da tubulação EPAMS em relação às eletrocalhas do pavimento.

Figura 16: Trecho da planta baixa do sistema de coleta de água da cobertura da Obra 1



(fonte: repositório de projetos da construtora)

Figura 17: Sistema EPAMS passando pelas furações destinadas às instalações elétricas



(fonte: Adaptado do repositório de projetos da construtora)

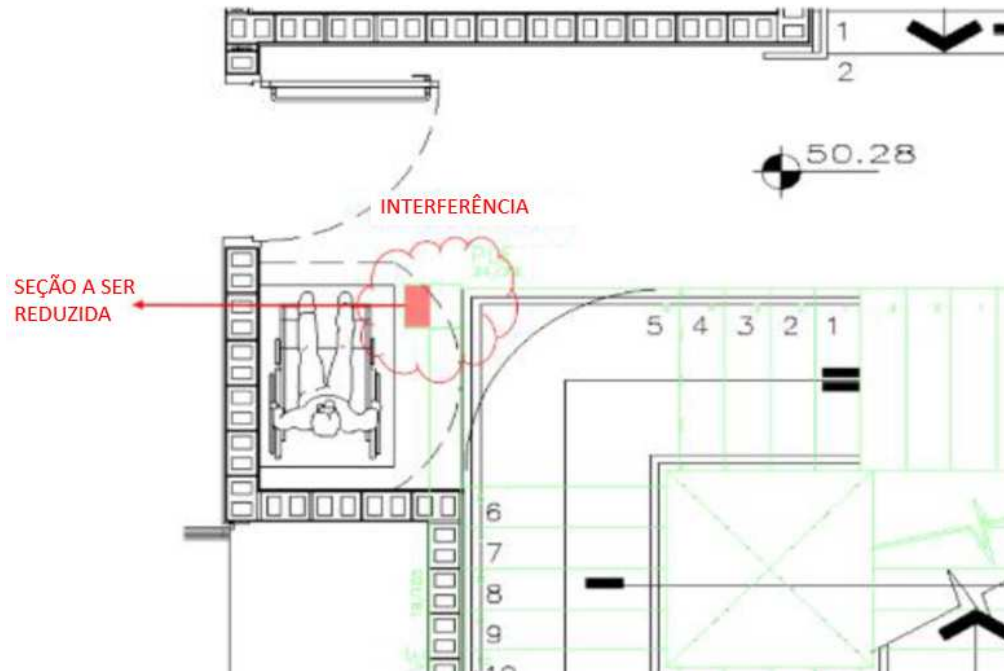
Figura 18: Desvio realizado nas eletrocalhas do 13º pavimento devido à presença da descida do sistema de coleta de água da cobertura



(fonte: foto da autora)

- c) **Estrutura x Área de cadeirante:** o pilar de sustentação da escada, localizado no 6º pavimento da Obra 1, foi dimensionado inicialmente com uma seção transversal que invadia a área necessária para o giro da cadeira de rodas no acesso à escadaria, por falta de compatibilização entre o projeto arquitetônico e estrutural conforme pode ser visto na Figura 19. Para atender a área necessária para a cadeira de rodas, foi necessário reduzir a seção do pilar que já estava executado. Após redimensionamento do pilar pelo projetista estrutural, a obra apoiou a escada, sustentada pelo pilar, com escoras metálicas e executou a demolição de todo o pilar. Posteriormente, foi executado um novo pilar, com maior taxa de armadura e menor seção, conforme projeto estrutural, que atendeu a necessidade de espaço para movimentação de cadeirantes, bem como a função estrutural. Apenas a base do pilar permaneceu com a seção anterior até o nível de piso pronto, uma vez que é previsto enchimento de piso no local. A Figura 20 apresenta o pilar após a correção necessária já executada.

Figura 19: Interferência do pilar na área da cadeira de rodas



(fonte: adaptado do relatório de incompatibilidades feito pela obra para contratação da mão de obra de demolição do pilar)

Figura 20: Ajuste feito em pilar que avançava sobre a área de cadeirante



(fonte: foto da autora)



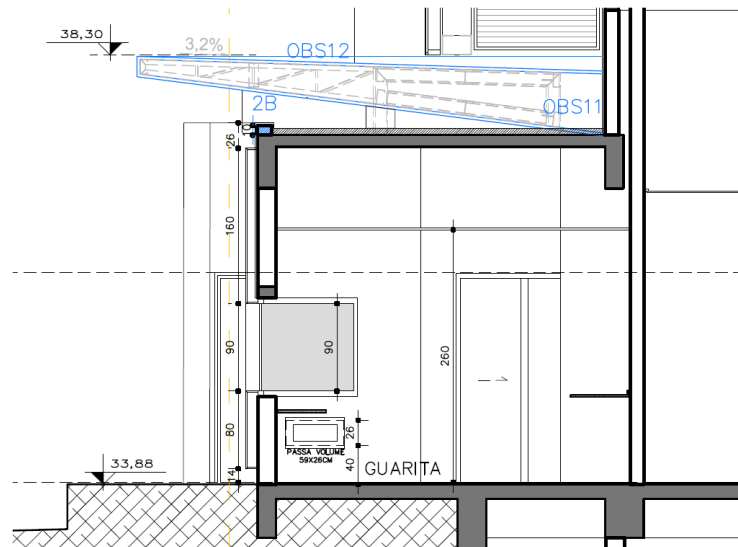
- d) **Estrutura x esquadria da guarita:** não foi previsto, no projeto inicial, nenhuma estrutura para fixação da esquadria blindada da guarita do empreendimento. Além disso, a alvenaria prevista para o trecho acima da esquadria não tinha onde ser apoiada. O vão máximo permitido para a esquadria também não foi respeitado, uma vez que não havia pilaretes intermediários de fixação. Foi necessário executar uma viga superior (Figura 21), que teve função de fixação da esquadria e apoio da alvenaria. Ainda, foram criados pilaretes para limitação do vão longitudinal do vidro blindado. A Figura 22 mostra o projeto vigente no momento da execução da guarita e a Figura 23 um croqui do projeto conforme executado na obra.

Figura 21: Adequação vão para esquadria blindada



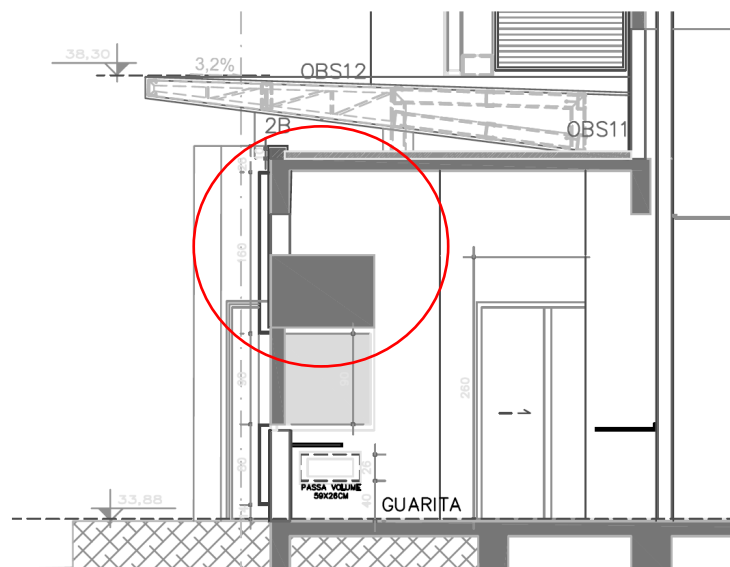
(fonte: foto da autora)

Figura 22: Detalhe da guarita conforme projeto original



(fonte: repositório de projetos da construtora)

Figura 23: Detalhe da guarita conforme executado no canteiro



(fonte: adaptado do repositório de projetos da construtora pela autora)

- e) **Galeria para manutenção da piscina:** a piscina do empreendimento possuía, no projeto original, suas instalações enclausuradas na galeria abaixo dela, impossibilitando o acesso para manutenções. Por solicitação do setor de qualidade técnica da empresa, a obra teve que criar um acesso à galeria de instalações da piscina, após a estrutura já executada, como pode ser observado na Figura 24. A alteração foi autorizada pelo projetista estrutural, uma vez que esta parede sustentava apenas um pequeno espelho d'água.

Figura 24: Alteração na estrutura original da piscina para criação de acesso à galeria.



(fonte: foto da autora)

- f) **Estrutura x esquadria hall transbordo:** projeto estrutural não previu estrutura para fixação da esquadria de alumínio que deve ser instalada no hall de transbordo, localizado no 6º pavimento da Obra 1. Da mesma maneira que a incompatibilidade apresentada na guarita, a alvenaria de vedação a ser executada acima da esquadria também não possuía estrutura para apoio. A solução adotada foi a execução de uma viga intermediária em concreto armado moldado no local, que pode ser visualizada na Figura 25.

Figura 25: Adequação de estrutura para instalação de esquadria de alumínio e apoio da alvenaria superior



(fonte: foto da autora)

- g) **Patamar da escadaria x Alvenaria de vedação:** o patamar da escadaria não previa apoio para alvenaria de vedação da lateral da escada, conforme pode ser observado na Figura 26.

Para que o fechamento pudesse ser executado, foi necessário criar um complemento de patamar, em estrutura de concreto armado moldado no local, tal como pode ser observado na Figura 27. A correção teve que ser executada em 7 pavimentos.

Figura 26: Patamar original da escadaria não fornece apoio para a alvenaria de fechamento da escada



(fonte: foto da autora)

Figura 27: Complemento de patamar executado e alvenaria apoiada no mesmo



(fonte: foto da autora)

- h) **Tubulação elétrica aparente na estrutura:** o projeto de marcação de laje para instalações elétricas não foi adequadamente compatibilizado com a modulação de alvenaria. As esperas para passagem de fiação ficaram expostas no fundo da viga nos apartamentos final 03 de todos os pavimentos, conforme pode ser visto na Figura 28. A solução adotada pela obra foi a criação de um envelopamento da viga com placas de gesso acartonado coladas diretamente sobre o revestimento de argamassa da parede, de modo a esconder os eletrodutos, conforme pode ser observado na (Figura 29). Para a entrega da unidade ao cliente, a construtora ainda fará o revestimento da parede com massa corrida e tinta, unificando visualmente os dois tipos de parede (gesso acartonado e alvenaria). Para evitar fissuração no encontro dos dois materiais, há uma diferença de nível entre o trecho com gesso e o trecho de alvenaria.

Figura 28: Incompatibilidade envolvendo as disciplinas de elétrica, estrutura e modulação de paredes



(fonte: foto da autora)

Figura 29: Solução adotada para esconder as tubulações elétricas



(fonte: foto da autora)

- i) **Furação para ligação do reservatório superior:** a furação prevista na laje da cobertura, para passagem de tubulação de alimentação, recalque e limpeza do reservatório superior do empreendimento estava posicionada na projeção da sala de estar da unidade privativa 1311 (Figura 30). Como as unidades são entregues sem forro na sala, a tubulação do reservatório ficaria aparente na unidade residencial abaixo do mesmo. Dessa forma, foi necessário realocar as passagens hidráulicas do reservatório superior para a projeção do banheiro da unidade 1311, local que possui forro, e os furos executados originalmente ficaram inutilizados. A Figura 31 mostra os furos realocados no banheiro da unidade.

Figura 30: Furação original para passagem de instalações hidráulicas do reservatório superior na projeção da sala da unidade 1311



(fonte: foto da autora)

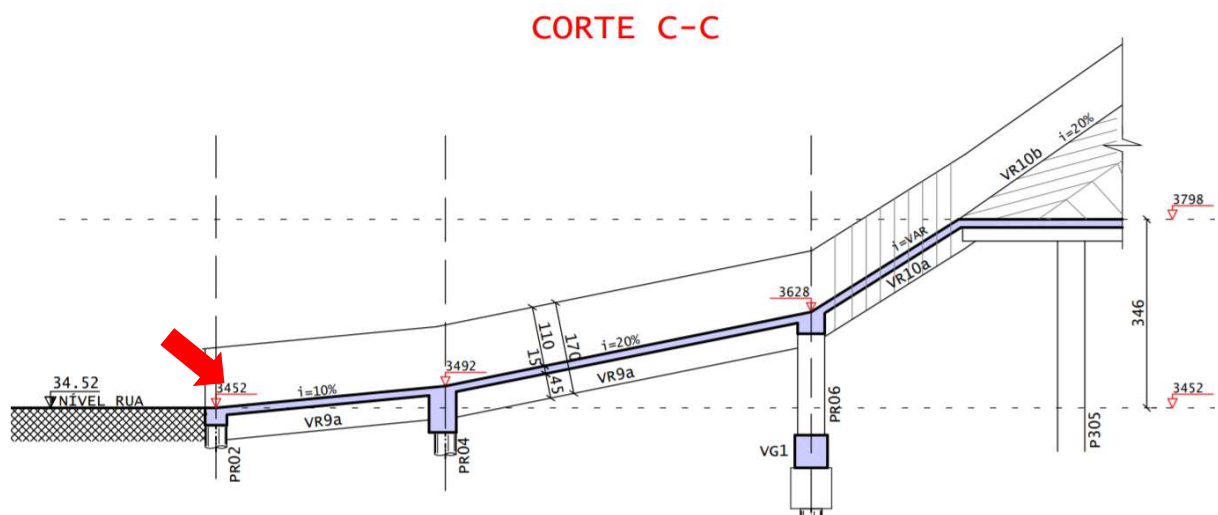
Figura 31: Furação para passagem de instalações hidráulicas do reservatório superior reposicionada na projeção do banheiro da unidade 1311



(fonte: foto da autora)

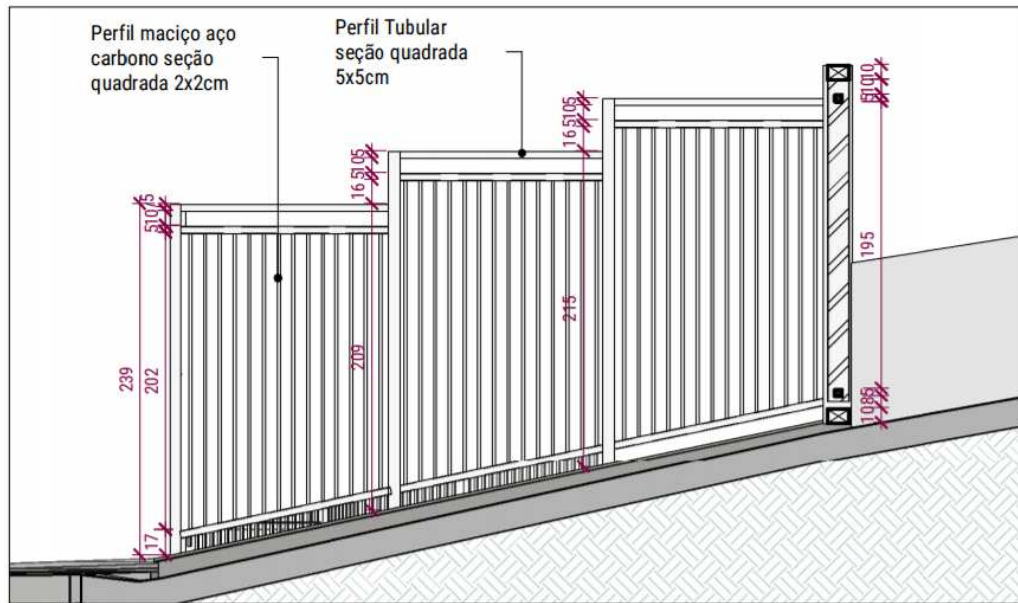
- j) **Cintas de concreto armado:** no sexto pavimento do empreendimento, o pé direito atinge 4,7 metros de altura. Desse modo, fez-se necessário executar cintas de concreto para reforço das alvenarias de vedação, bem como preenchimentos de alguns pontos de blocos com microconcreto fluido de alta resistência, criando pilaretes. Estes reforços em concreto não estavam previstos no projeto estrutural ou no de vedação.
- k) **Corte de vigas invertidas:** o projeto estrutural da rampa de acesso aos estacionamentos da torre não estava devidamente compatibilizado com o projeto de paisagismo. Desse modo, as vigas de borda da rampa apresentavam altura além da prevista no paisagismo, impossibilitando a execução do gradil metálico conforme projeto, que deveria ser instalado no nível da laje da rampa, e não no nível das vigas invertidas de borda. Construtivamente, o gradil poderia ser instalado sobre as vigas, porém esta solução não foi liberada pelo escritório de arquitetura responsável pelo projeto. A medida adotada pela obra, após consulta ao projetista estrutural, foi o corte das vigas, rebaixando as mesmas, para que o gradil pudesse ser adequadamente instalado. A Figura 32 mostra o detalhe da viga no projeto estrutural enquanto a Figura 33 apresenta o gradil a ser instalado.

Figura 32: Viga invertida de borda da rampa de acesso ao estacionamento



(fonte: adaptado do repositório de projetos da construtora)

Figura 33: Detalhe do gradil a ser instalado na rampa

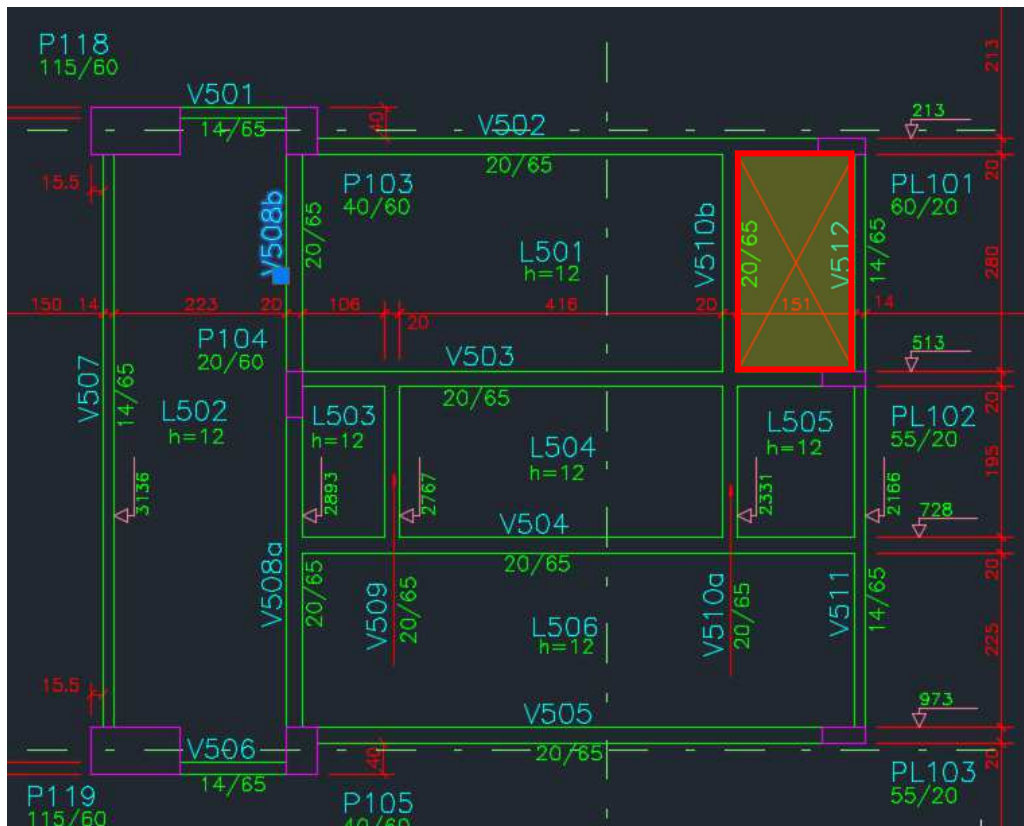


(fonte: adaptado do repositório de projetos da construtora)

- l) **Ralo Linear:** projeto não previa sistema para coleta de água no 6º pavimento do empreendimento, onde encontram-se as áreas condominiais. A inexistência do ralo foi percebida em obra, ocasionando aditivo de contratação de um perfil cartola para execução de ralo linear de 37 metros de comprimento.
- m) **Shaft em laje:** no sétimo pavimento do empreendimento, o projeto estrutural previa uma abertura na laje, entre as vigas V512 e V501b, de 4,23 m<sup>2</sup>, como pode ser observado na Figura 34. Tal shaft mostrou-se sem utilidade depois de já ter sido executado. O mesmo foi fechado posteriormente.



Figura 34: Projeto de geometria indicando shaft sem uso por falta de compatibilização da estrutura com as instalações



(fonte: Repositório de projetos da empresa)

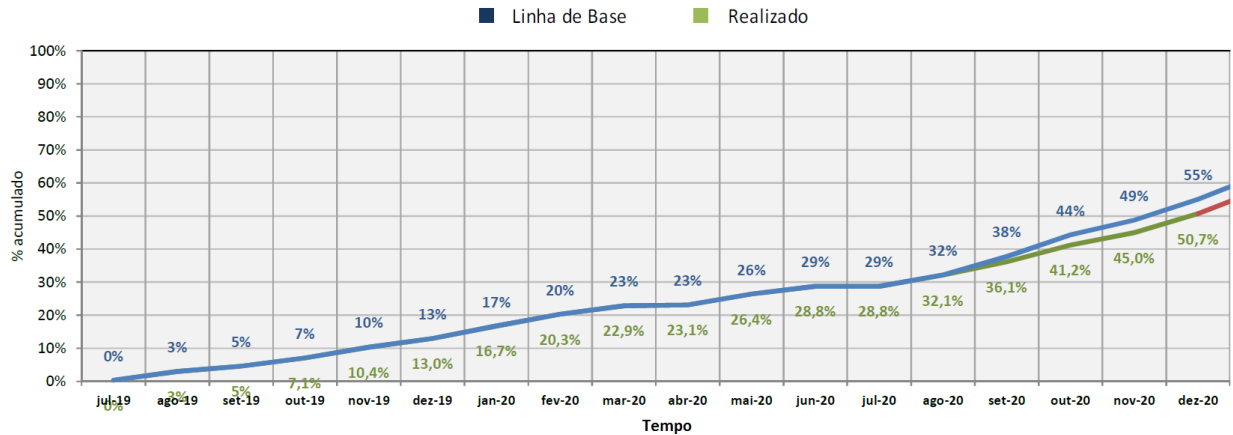
O estudo de caso da Obra 1 traduz a magnitude das incompatibilidades de projeto durante a execução da obra. Foram diversas as situações que se apresentaram, desde interferências simples de serem resolvidas, até problemas maiores que precisaram de mais tempo, investimento e técnica para serem solucionados. Impreterivelmente, cada uma das incompatibilidades acima listadas ocasionou retrabalhos no canteiro de obras. Os impactos em custo e prazo devidos aos itens aqui listados serão analisados nos próximos capítulos.

### 4.3 ANÁLISE DAS INCOMPATIBILIDADES DA OBRA 2

A Obra 2 foi a primeira da construtora que utilizou a tecnologia BIM dentro do canteiro de obra. Como citado anteriormente, o projeto modelado da Obra 2 ainda é limitado se comparado com a integralidade do potencial que o BIM pode oferecer, entretanto, representou um significativo avanço em termos de projeto e execução para a empresa.

Os dados de interferências de projeto detectados na Obra 2 foram coletados até dezembro de 2020, quando o empreendimento atingiu a marca dos 50% de evolução física (Figura 35).

Figura 35: Evolução física da Obra 2 (até o fim da análise de interferências de projeto)

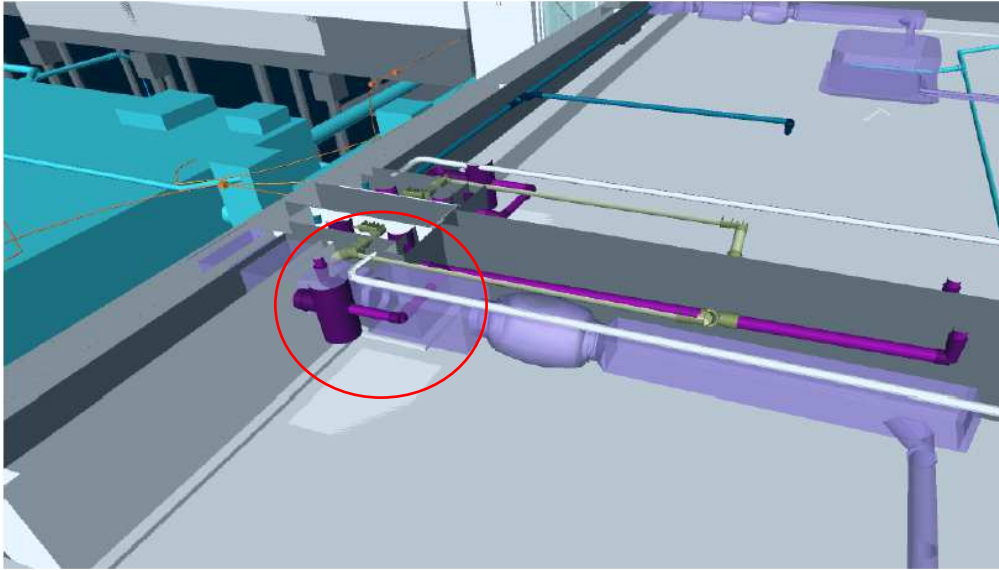


(fonte: cedido pela empresa)

Assim como na Obra 1, são apresentadas, a seguir, as incompatibilidades de projeto detectadas durante a execução da Obra 2 que possuem interferência com a disciplina de estrutura.

- a) **Conflito de instalações brinquedoteca:** laje e vigas da brinquedoteca já executadas, bem como as suas respectivas passagens de instalações. Foi detectada interferência entre as disciplinas de hidráulica e exaustão, uma vez que os dutos estavam passando um dentro do outro, como pode ser observado na Figura 36. Apesar de o modelo detectar a incompatibilidade, neste caso, os projetos de instalações ainda sofriam alterações enquanto a estrutura já avançava na obra, de modo que, quando foi possível identificar o problema no modelo, a estrutura do local já estava finalizada. A passagem deixada na estrutura para a tubulação de exaustão não pode ser utilizada.

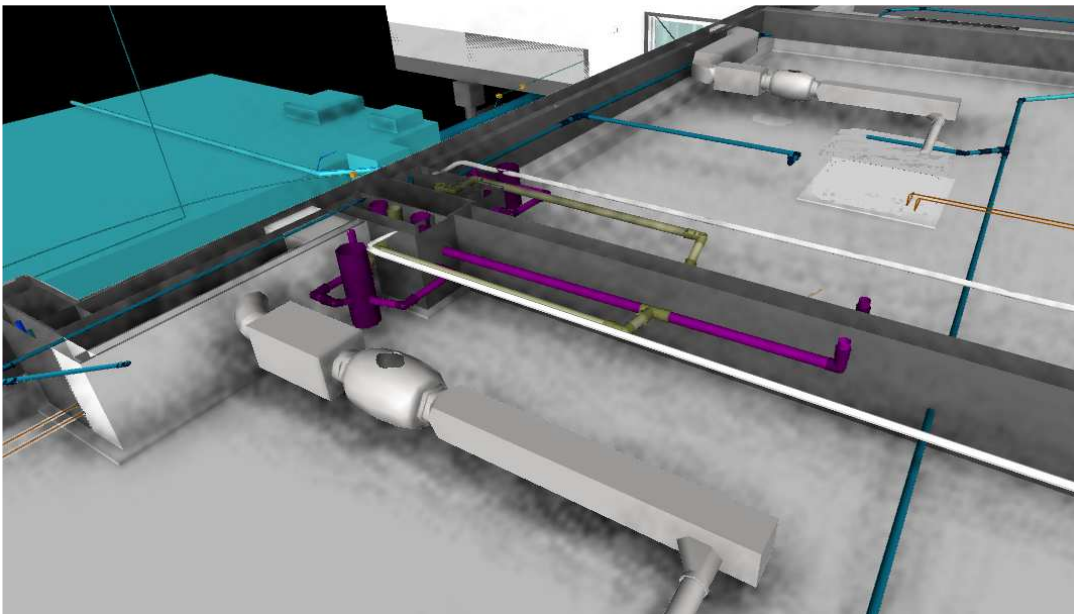
Figura 36: Conflito de instalações hidráulicas e de renovação de ar na brinquedoteca



(fonte: Relatório de incompatibilidades Obra 2)

A Figura 37 ilustra a solução adotada para o “clash<sup>13</sup>” entre as instalações da brinquedoteca.

Figura 37: Instalações devidamente compatibilizadas



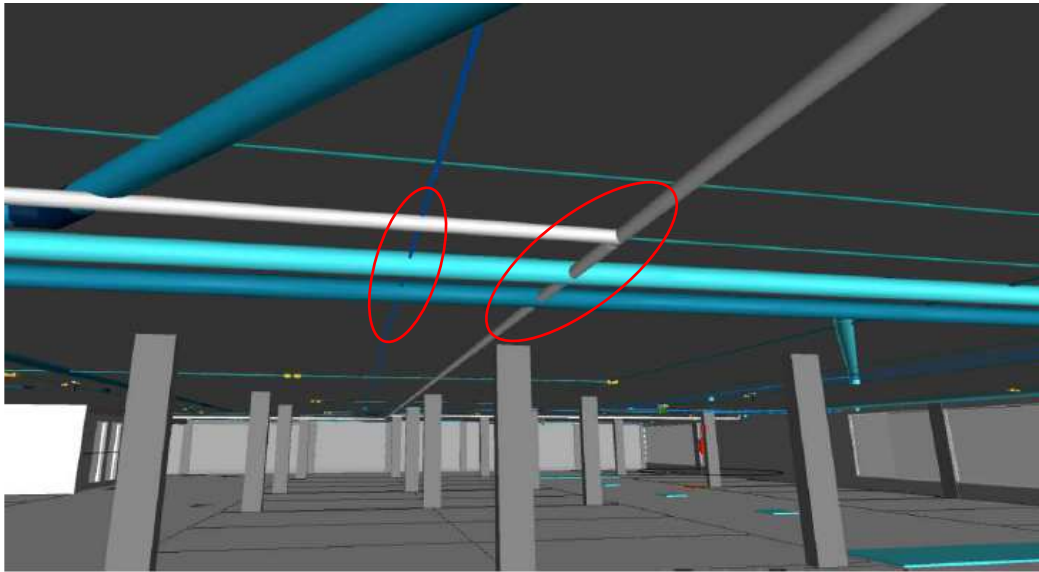
(fonte: Modelo BIM Obra 2)

- b) **Conflito de instalações estacionamento impactando na furação da estrutura:** após estarem executadas as lajes e furações do estacionamento do empreendimento, foi

<sup>13</sup> Detecção automática de incompatibilidades nos projetos modelados em BIM.

detectada uma incompatibilidade entre as instalações de esgoto pluvial e incêndio que lá deveriam ser executadas. O problema só foi percebido tardiamente, pois os projetos de instalações foram entregues em sua versão final quando a estrutura já estava executada. O nível das tubulações teve de ser alterado em obra, de modo a não prejudicar o pé direito do estacionamento. O projeto não foi atualizado. A Figura 38 elucida a colisão entre as tubulações.

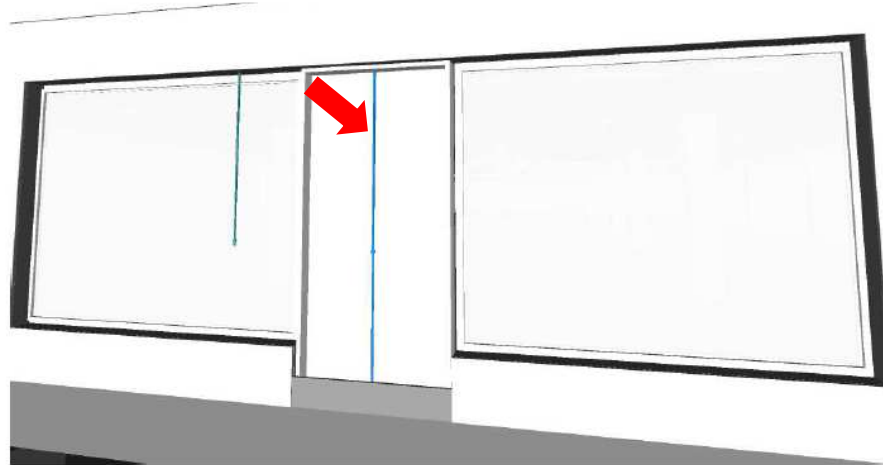
Figura 38: Colisão entre tubulações de esgoto pluvial e incêndio



(fonte: modelo BIM Obra 2)

- c) **Instalação elétrica x modulação:** eletroduto embutido na laje estava localizado exatamente acima do vão de uma das portas do estacionamento do empreendimento. O duto teve de ser realocado no momento da elevação de alvenaria. A Figura 39 ilustra o eletroduto passando pelo vão da esquadria.

Figura 39: Eletroduto passando pelo vão da esquadria



(fonte: modelo BIM Obra 2)

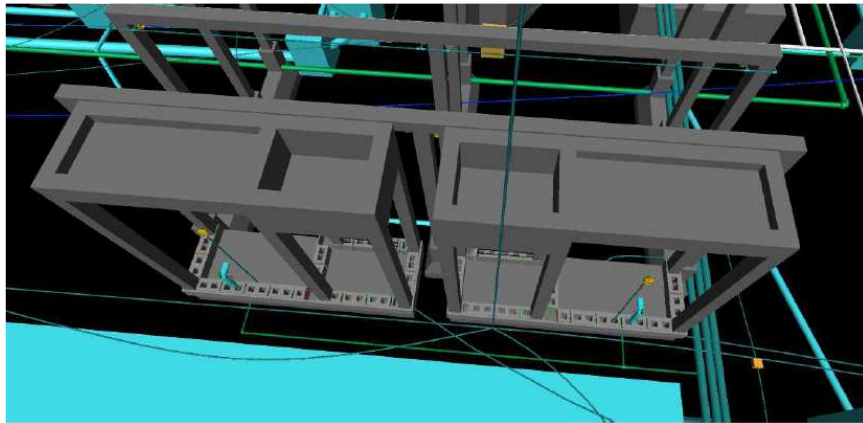
- d) **Instalações de gás x estrutura:** ponto de alimentação de gás estava posicionado junto à um ponto elétrico na parede. A obra precisou realocar o ponto elétrico, uma vez que ambos estavam em conflito. Não foi necessário alterar o caminho do eletroduto na laje, apenas na parede. O problema foi detectado em 4 unidades por pavimento. Havia sido executados apenas 5 pavimentos até então, sendo possível executar corretamente na maior parte do empreendimento.
- e) **Estaqueamento:** o diâmetro da armadura das estacas havia sido projetado com a mesma medida que o furo previsto para as estacas hélice contínua do empreendimento. Quando a interferência foi detectada, parte das barras de aço já se encontravam montadas na obra, sendo necessário serem refeitas para que as mesmas pudessem ser inseridas nas estacas. Foram necessários três armadores trabalhando por dez dias para ajustar as armaduras.

Vale ressaltar que as fundações foram modeladas em BIM, entretanto, o detalhamento da armadura das mesmas havia sido projetado somente em CAD, de modo que a incompatibilidade não pode ser detectada através do modelo.

- f) **Escoamento de águas pluviais:** o projeto hidráulico não previu ralo e tubulação para drenagem de águas pluviais nas lajes de cobertura dos quiosques da área de lazer. O problema foi detectado na obra depois de as lajes já estarem executadas. Foi necessário realizar furação das lajes maiores para inserção de dois ralos além de criar um dreno

passante pela viga invertida, também através de furação, conectando a menor região de cobertura ao escoamento da maior região. A saída de água teve que ser adaptada para uma das colunas que passava em um shaft próximo. A Figura 40 abaixo apresenta as coberturas dos quiosques sem ralo, enquanto as Figuras 41 e 42 indicam as intervenções executadas, em vista superior e inferior, respectivamente.

Figura 40: Lajes de cobertura dos quiosques sem esgoto pluvial



(fonte: modelo BIM Obra 2)

Figura 41: Cobertura dos quiosques com ralos e drenos executados



(fonte: foto da autora)

Figura 42: Vista inferior do ralo do quiosque



(fonte: foto da autora)

Enquanto a Obra 1 apresentou 13 diferentes tipos de incompatibilidades, na Obra 2 foram detectadas, no canteiro, apenas 5 ocorrências decorrentes de problemas projetuais. Entretanto, é necessário ressaltar que, em contraponto à redução na quantidade de interferências detectadas no momento de execução das atividades na obra, existe um aumento de interferências identificadas na etapa de compatibilização de projetos.

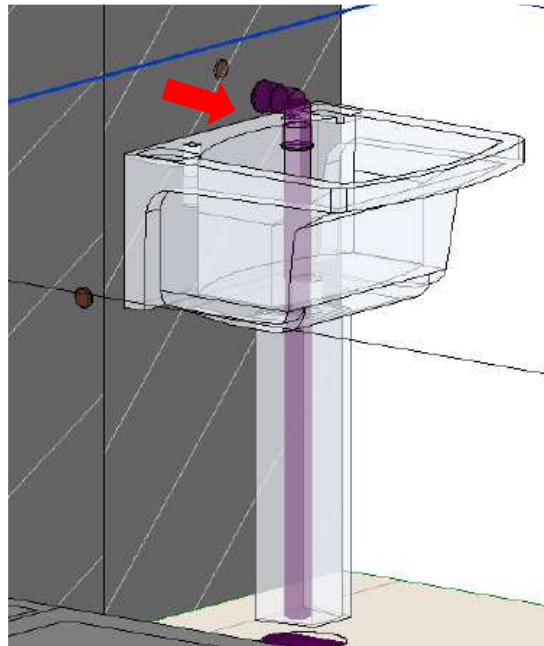
Como visto anteriormente, a etapa de compatibilização é o momento em que devem ser sobrepostos os projetos e feita uma análise crítica de modo que os componentes do projeto não ocupem espaços conflitantes entre si. Na compatibilização também deve ser analisada a construtibilidade do que está projetado.

A empresa construtora possui um setor de projetos responsável por realizar a coordenação entre as disciplinas de projeto elaboradas por diferentes projetistas. Cada empreendimento possui um responsável dentro do setor de projetos da empresa que realiza a compatibilização dos projetos. Neste processo, são feitos os relatórios de incompatibilidades, que são enviados para os projetistas, para que estes possam corrigir os problemas em seus projetos. Abaixo, são indicadas algumas das incompatibilidades detectadas durante a etapa de compatibilização, no projeto da Obra 2. Esta lista de incompatibilidades não abrange todas as ocorrências detectadas ao longo

do processo de compatibilização, apenas estão destacadas as que permitem perceber incompatibilidades mais evidentes.

- I. **Posição tubulação de esgoto:** tubulação de esgoto passando por dentro do tanque, quando deveria estar embutida na parede. A Figura 43 demonstra o posicionamento equivocado do tubo.

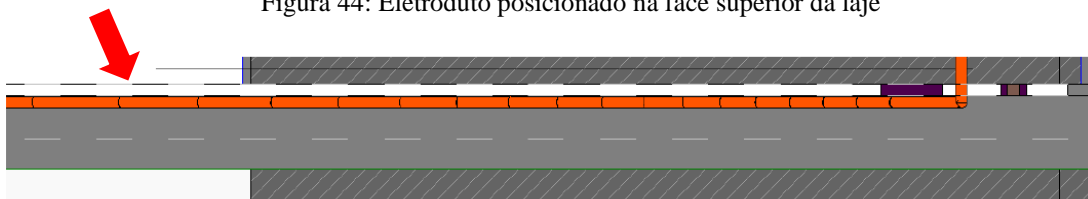
Figura 43: Interferência entre tubulação de esgoto e aparelho hidráulico



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- II. **Instalações elétricas embutidas:** de acordo com as premissas de projeto da empresa construtora, a posição do eletroduto embutido deve ser à 3,5 cm da face inferior da laje. Foi detectado, através do modelo, o posicionamento incorreto, alinhado com a face superior da laje, como pode ser observado na Figura 44.

Figura 44: Eletroduto posicionado na face superior da laje

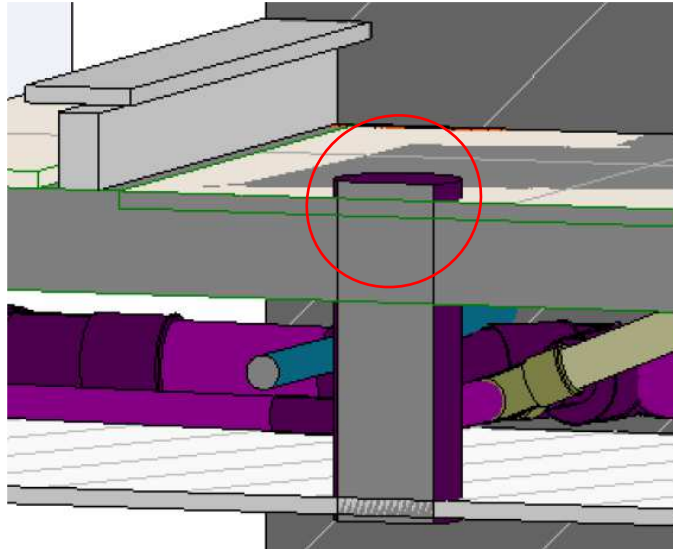


(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)



- III. **Instalações hidráulicas:** caixa do ralo foi posicionada acima do nível do piso do box, conforme pode ser observado na Figura 45.

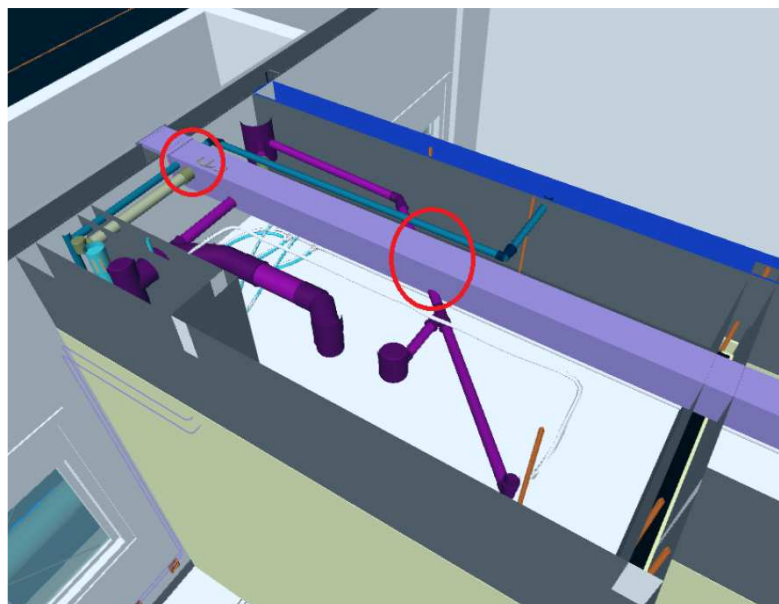
Figura 45: Ralo saliente no box



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- IV. **Conflito instalações banheiro suíte:** *clash* entre instalações hidráulicas e exaustão detectado no banheiro das unidades final 03 e final 10. A Figura 46 ilustra os pontos de interferência.

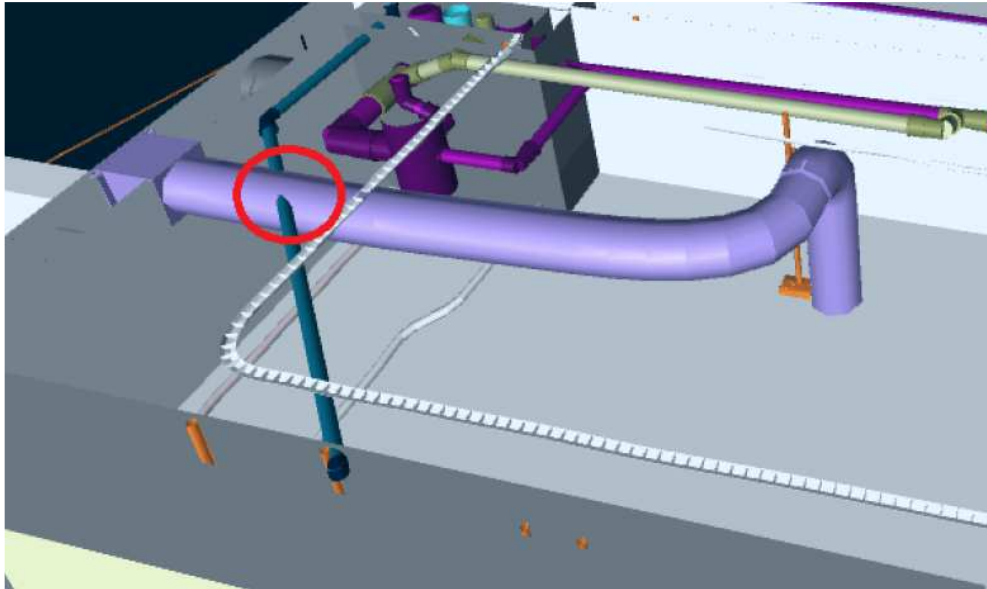
Figura 46: *Clash* entre hidráulica e exaustão



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- V. **Instalações hidráulicas x duto da coifa:** *clash* entre tubulação de hidráulica e duto de exaustão da coifa da cozinha. Detalhes podem ser observados na Figura 47.

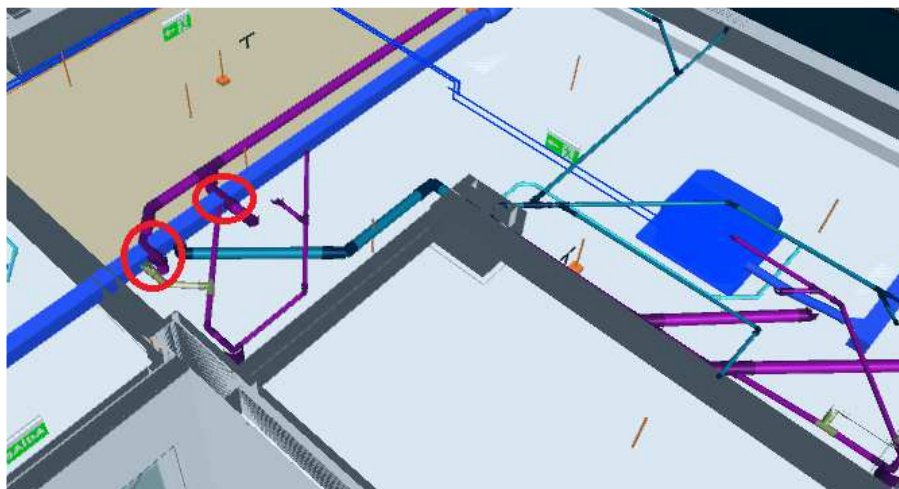
Figura 47: Clash HID - ELE



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- VI. **Instalações hidráulicas x ar-condicionado:** incompatibilidade entre as tubulações hidráulicas e os dutos de ar-condicionado do salão de festas, uma vez que ambos estão ocupando o mesmo espaço (Figura 49).

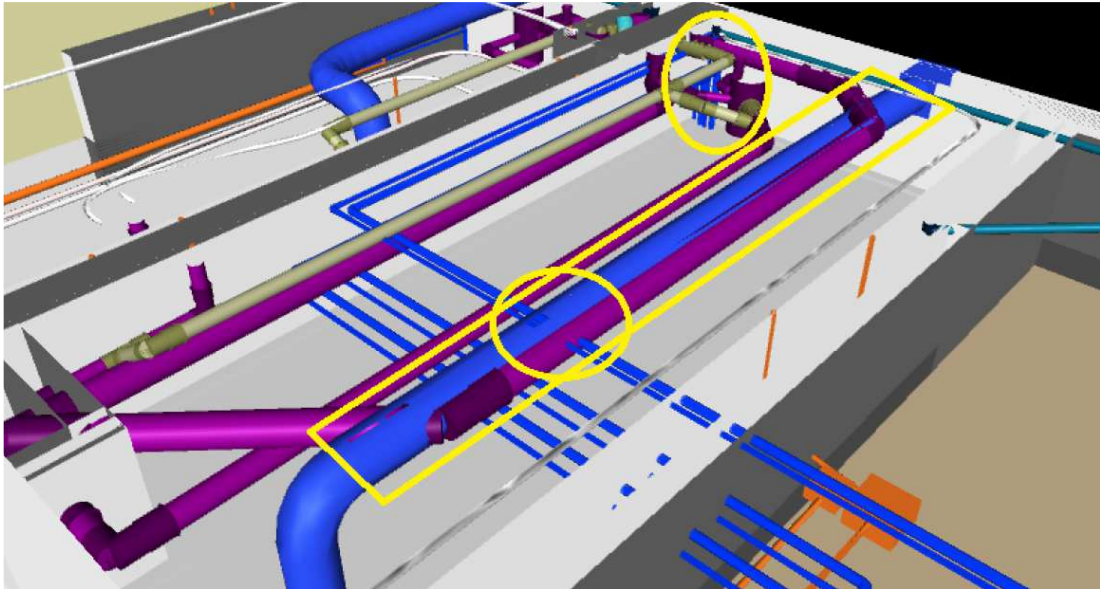
Figura 48: Incompatibilidade entre instalações hidráulicas e climatização



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- VII. **Hidráulica x Exaustão da coifa:** *clash* entre tubulações hidráulicas da copa do salão de festas e duto de exaustão da coifa (Figura 49).

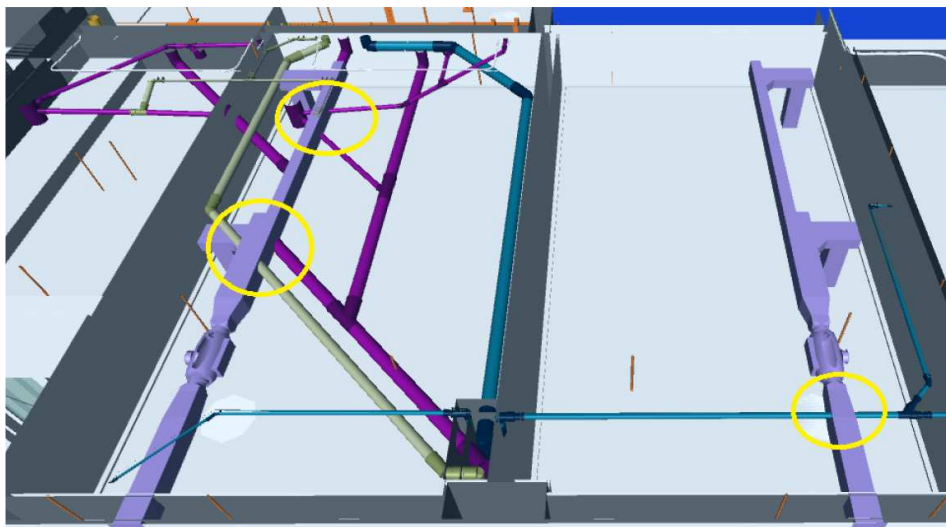
Figura 49: Incompatibilidade entre tubulações hidráulicas



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- VIII. **Hidráulica x Exaustão:** conflito entre dutos de exaustão e tubulação de hidráulica nos vestiários (Figura 50).

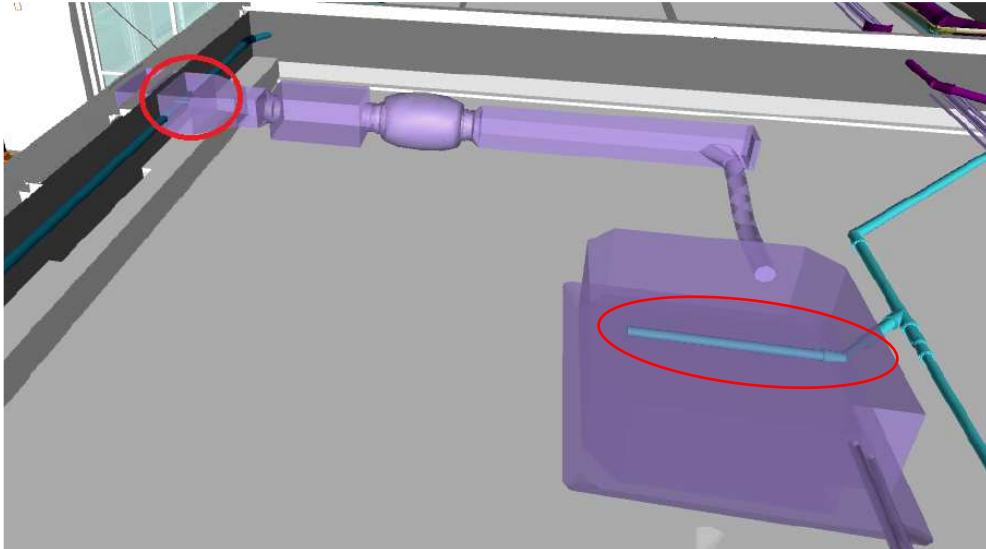
Figura 50: Incompatibilidade entre exaustão e instalações hidráulicas



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- IX. **Hidráulica x Exaustão:** conflito entre instalações hidráulicas e de renovação de ar na brinquedoteca (Figura 51).

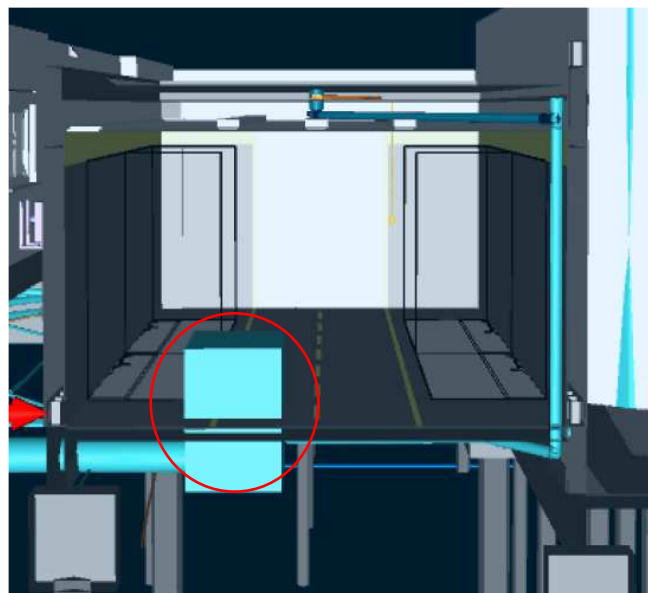
Figura 51: Incompatibilidade entre instalações hidráulicas e renovação de ar



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- X. **Estrutura x Hidráulico:** nível da caixa de inspeção pluvial deslocado em relação ao piso do bicicletário (Figura 52).

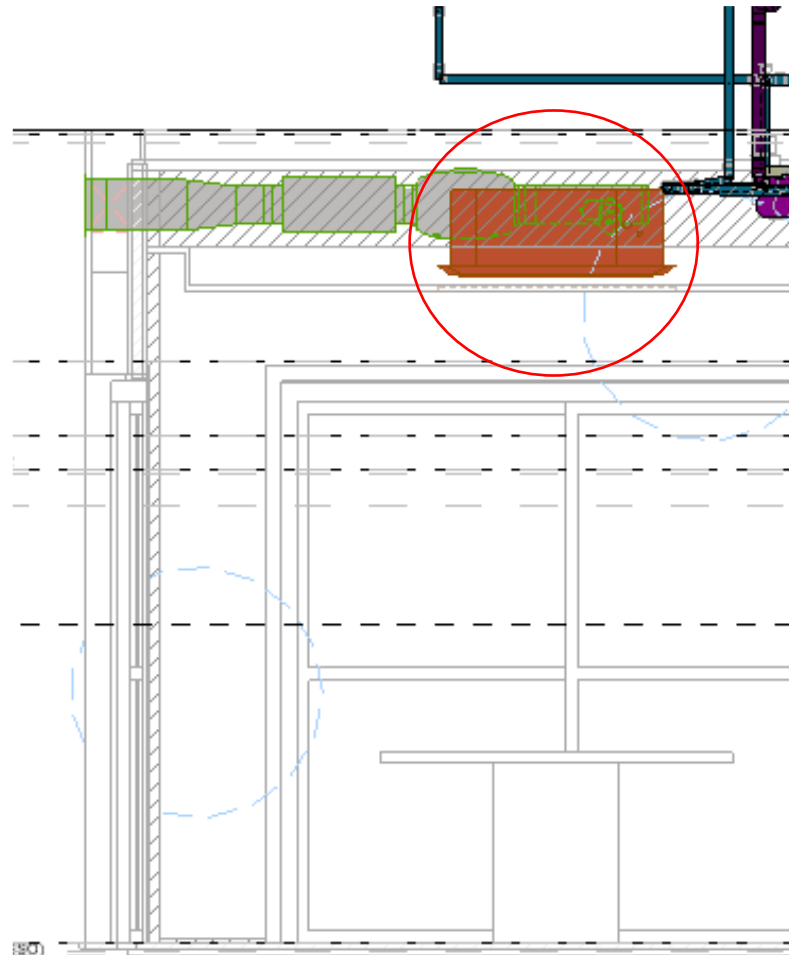
Figura 52: Caixa pluvial deslocada em relação ao nível do piso



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- XI. **Ar-condicionado:** posição do cassete deslocada em relação ao nível do forro do salão de festas (Figura 53).

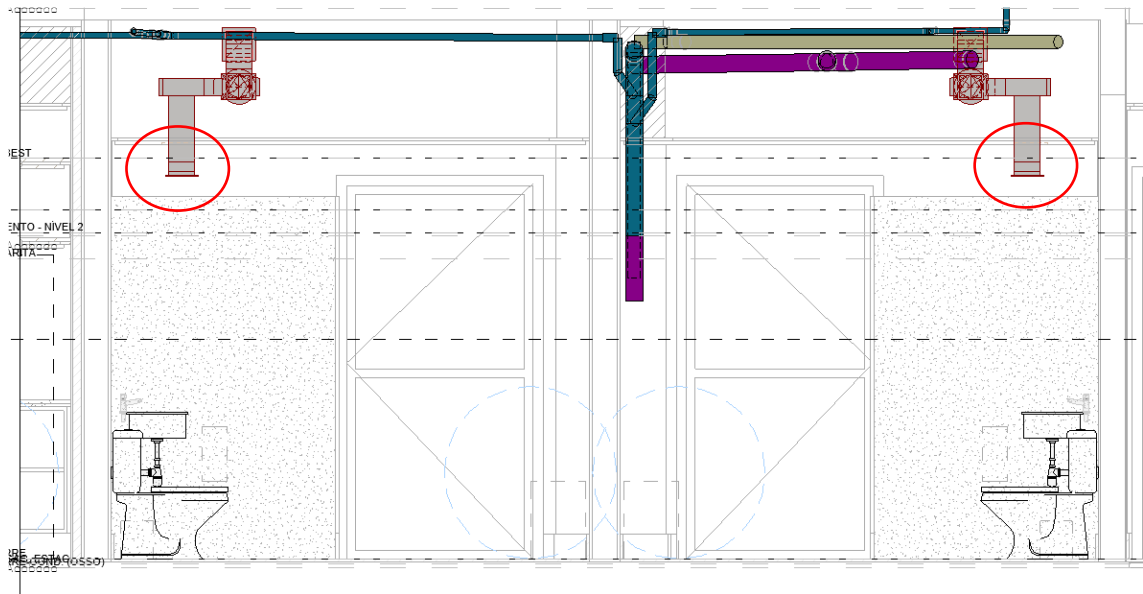
Figura 53: Ar-condicionado deslocado em relação ao nível do forro



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- XII. **Ar-condicionado:** nível das grelhas de ventilação deslocado em relação ao nível do forro dos vestiários (Figura 54).

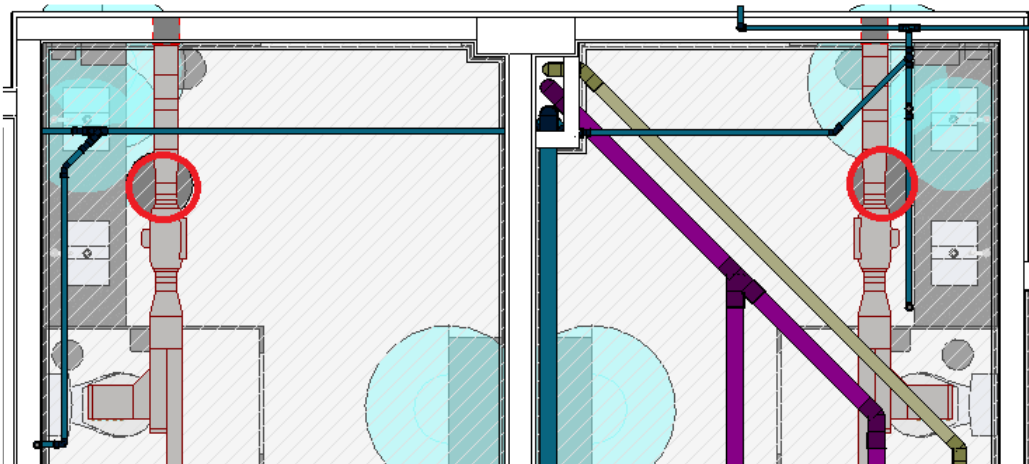
Figura 54: Grelhas de ventilação deslocadas em relação ao nível do forro



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- XIII. **Posição do motor de ventilação forçada:** necessário realocar motores da ventilação forçada para mais próximo dos alçapões dos vestiários (Figura 55).

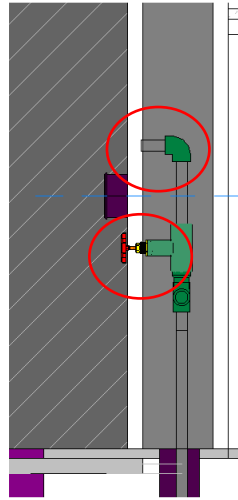
Figura 55: Motor de ventilação forçada deslocado em relação ao alçapão



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- XIV. **Instalações hidráulicas:** ponto de alimentação de água e registro estão dentro da parede na copa do salão de festas (Figura 56).

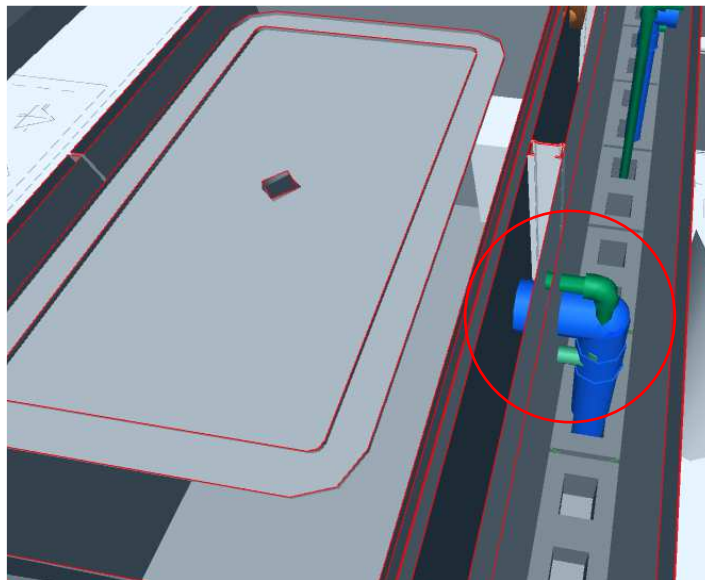
Figura 56: Tubulação e registro posicionados dentro da parede



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

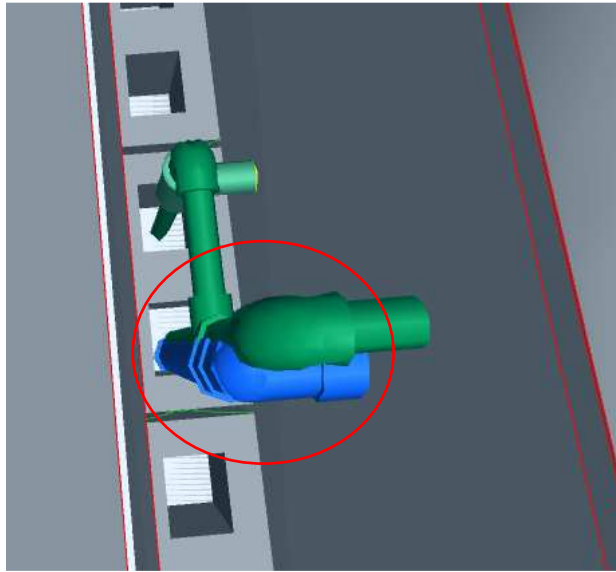
- XV. **Instalações de água x instalações de esgoto:** no espaço gourmet, as instalações de água e esgoto estão passando pelo mesmo caminho (Figura 57). O mesmo acontece no lavabo da brinquedoteca (Figura 58).

Figura 57: Clash entre instalações de água e esgoto no gourmet



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

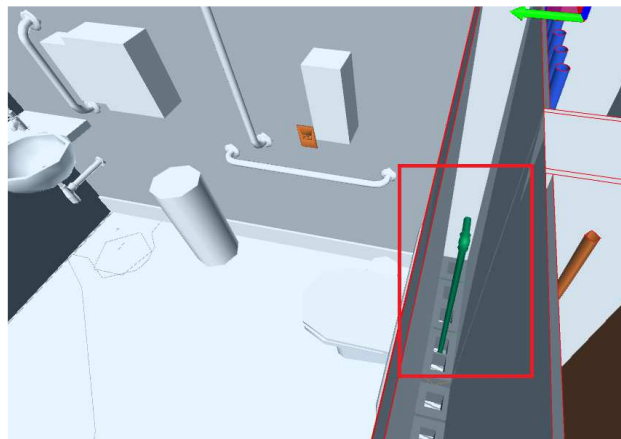
Figura 58: Clash entre instalações de água e esgoto na brinquedoteca



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

- XVI. **Hidráulica:** banheiro PNE com ponto de alimentação de água embutido na parede virado para o lado oposto ao necessário (Figura 59).

Figura 59: Ponto de água posicionado na direção errada



(fonte: Relatório de incompatibilidades disponibilizado pela construtora)

Como foi possível observar na descrição das interferências listadas neste capítulo, os casos detectados em obra são, em sua maioria, pontuais e requerem resoluções que causam baixo impacto no andamento da obra.



Por outro lado, as incompatibilidades reincidentes, que causariam maiores problemas ao canteiro, foram detectadas com antecedência, durante a compatibilização de projetos, permitindo aos projetistas solucionar os problemas antecipadamente em relação à execução das atividades na obra. Os conflitos previamente solucionados não geram impacto negativo na obra, apenas retrabalho na etapa de projeto.

#### 4.4 ANÁLISE COMPARATIVA DE DADOS

O presente item irá realizar uma análise comparativa dos dados coletados das obras 1 e 2, de modo a estimar perdas em termos de custo e prazo ocasionadas pelas interferências de projeto detectadas durante a execução das obras estudadas.

O objetivo desta análise é entender qual o impacto do uso do BIM, em termos quantitativos e qualitativos, no que diz respeito ao entendimento do projeto, compatibilização de diferentes disciplinas e execução de obra.

##### 4.4.1 Resumo de Interferências

O estudo de caso apresentado neste trabalho, demonstra um número expressivo de incompatibilidades de projeto, detectadas no momento da execução da obra. Foram detectadas 13 diferentes ocorrências na Obra 1 e 5 na Obra 2. Apesar de, mesmo com o uso do BIM, terem sido identificados problemas projetuais na Obra 2, é evidente que a Obra 1, projetada em CAD, foi mais impactada pelas omissões e incompatibilidades de projeto. É sabido que existem outros fatores que podem ter influenciado no aumento de incompatibilidades dos projetos aqui estudados, mas, como citado anteriormente, são analisadas neste trabalho, duas metodologias diferentes de projeto e o seu impacto durante a fase executiva destes projetos, considerando a estrutura das edificações.

As tabelas apresentadas a seguir trazem a relação de incompatibilidades identificadas através da pesquisa realizada para este trabalho e têm intuito de expor para o leitor quais as principais disciplinas de projeto envolvidas nas interferências e quantas vezes os problemas detectados se repetiram nas obras. A Tabela 2, apresenta um compilado das interferências e suas repetições na Obra 1. Da mesma forma, a Tabela 3 traz as incompatibilidades da Obra 2.

Tabela 2: Resumo de interferências de projeto detectadas em fase executiva na Obra 1

<b>Item</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Projetos envolvidos</b>	<b>Repetições</b>
<b>a</b>	Furação em laje para escada pressurizada	Estrutural - Arquitetônico	8
<b>b</b>	Furação em vigas para passagem de instalações	Estrutural - Hidráulico - Elétrico	1
<b>c</b>	Estrutura x Área de cadeirante	Estrutural - Arquitetônico	1
<b>d</b>	Estrutura x Esquadria da guarita	Estrutural - Esquadrias	1
<b>e</b>	Galeria para manutenção da piscina	Estrutural - Arquitetônico	1
<b>f</b>	Estrutura x Esquadria hall transbordo	Estrutural - Esquadrias	1
<b>g</b>	Patamar da escadaria x Alvenaria de vedação	Estrutural - Paredes	7
<b>h</b>	Tubulação elétrica aparente na estrutura	Estrutural - Arquitetônico - Elétrico	7
<b>i</b>	Furação para ligação do reservatório superior	Estrutural - Hidráulico	1
<b>k</b>	Cintas de concreto armado	Estrutural - Paredes	1
<b>l</b>	Corte de vigas invertidas	Estrutural - Paisagismo	1
<b>m</b>	Ralo linear	Estrutural - Hidráulico	1
<b>n</b>	<i>Shaft</i> em laje	Estrutural	1

(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 3: Resumo de interferências de projeto detectadas em fase executiva na Obra 2

Item	Ocorrência	Projetos envolvidos	Repetições
<b>a</b>	Conflito de instalações brinquedoteca	Estrutural - Hidráulico - Climatização	1
<b>b</b>	Conflito de instalações estacionamento	Estrutural - Hidráulico - Incêndio	1
<b>c</b>	Instalação elétrica x Modulação	Estrutural - Elétrico - Paredes	1
<b>d</b>	Instalações de gás x Estrutura	Estrutural - Elétrico - Gás	20
<b>e</b>	Estaqueamento	Estrutural	160
<b>f</b>	Escoamento de águas pluviais	Estrutural - Hidráulico	2

(fonte: elaborado pela autora)

É importante ressaltar que as interferências listadas nas Tabelas 2 e 3 possuem diferentes magnitudes no que diz respeito aos impactos financeiros e de prazo que causaram nas obras avaliadas, conforme será analisado nos tópicos a seguir.

Entretanto, quantitativamente, a Obra 1 apresentou 133,34% mais ocorrências que a Obra 2, o que significa que, a Obra 1 teve mais que o dobro de problemas detectados durante a execução do empreendimento quando comparada com a Obra 2. Frente a este tipo de situação, o fluxo se inverte, pois, ao invés de os problemas serem detectados na etapa de projeto, durante a compatibilização, eles são encontrados na etapa de execução, gerando retrabalho para todos os setores envolvidos no processo construtivo. A solução destes problemas, em geral deve ser a curto prazo e gera envolvimento de diversas equipes internas da construtora – setores de projetos, custos, planejamento e suprimentos – e, também, equipes externas, como projetistas e executores.

#### 4.4.2 Impacto em Custo

Conforme citado no item 3.3, uma das maiores adversidades ao encontrar incompatibilidades de projeto durante a construção é que as possibilidades de interferência são limitadas e o custo

de produção é mais alto para solucionar o problema. Contraditoriamente à necessidade de, muitas vezes, ter que optar pela solução mais onerosa por falta de opção, soma-se o fato de que os custos incorridos de retrabalhos e mudanças inesperadas causadas pela má compatibilização de projetos nunca estão previstos no orçamento inicial da obra. Para a empresa responsável pelas obras estudadas neste trabalho, os gastos com incompatibilidades de projeto são considerados aditivos de projeto<sup>14</sup>.

A seguir, são apresentados os custos incorridos das incompatibilidades de projeto nas obras 1 e 2. Os valores foram estimados de acordo com as composições orçamentárias da empresa construtora que podem ser encontradas no Anexo C, contratos fechados com fornecedores e, na ausência dos dois primeiros itens, foram utilizados custos padronizados do SINAPI<sup>15</sup>. Quando da ausência dos valores reais de contrato, os custos foram calculados através de áreas, volumes e repetições multiplicados pelos valores unitários das composições supracitadas.

A Tabela 4 elucida os custos relacionados às incompatibilidades da Obra 1, envolvendo custos com material e mão de obra, enquanto a Tabela 5, traz os valores relacionados à Obra 2.

---

<sup>14</sup> Aditivo de projeto – definição dada pela empresa construtora aos gastos não previstos incorridos na obra devido às falhas de projeto.

<sup>15</sup> SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (não desonerado).

Tabela 4: Custos relacionados às incompatibilidades de projeto detectadas na Obra 1

Item	Ocorrência	Custo	
<b>a</b>	Furação em laje para escada pressurizada	R\$	2.236,96
<b>b</b>	Furação em vigas para passagem de instalações	R\$	0,00 <sup>16</sup>
<b>c</b>	Estrutura x Área de cadeirante	R\$	15.000,00 <sup>17</sup>
<b>d</b>	Estrutura x Esquadria da guarita		
<b>e</b>	Galeria para manutenção da piscina		
<b>f</b>	Estrutura x Esquadria hall transbordo		
<b>g</b>	Patamar da escadaria x Alvenaria de vedação		
<b>h</b>	Tubulação elétrica aparente na estrutura	R\$	2.989,98
<b>i</b>	Furação para ligação do reservatório superior	R\$	900,00
<b>j</b>	Cintas de concreto armado	R\$	25.000,00
<b>k</b>	Corte de vigas invertidas	R\$	5.745,60
<b>l</b>	Ralo linear	R\$	8.585,00
<b>m</b>	Shaft em laje	R\$	695,00
<b>TOTAL</b>		<b>R\$</b>	<b>61.152,54</b>

(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 5: Custos relacionados às incompatibilidades de projeto detectadas na Obra 2

Item	Ocorrência	Custo	
<b>a</b>	Conflito de instalações brinquedoteca	R\$	200,00
<b>b</b>	Conflito de instalações estacionamento	R\$	0,00 <sup>18</sup>
<b>c</b>	Instalação elétrica x Modulação	R\$	0,00 <sup>19</sup>
<b>g</b>	Instalações de gás x Estrutura	R\$	718,99
<b>j</b>	Estaqueamento	R\$	3.681,19
<b>h</b>	Escoamento de águas pluviais	R\$	750,00
<b>TOTAL</b>		<b>R\$</b>	<b>5.350,18</b>

(fonte: elaborado pela autora)

<sup>16</sup> A solução adotada não gerou custo, visto que foi apenas um desvio do trajeto original da eletrocalha definido antes da execução da mesma

<sup>17</sup> O custo das interferências c até g foi considerado como um valor agrupado, pois a empresa construtora contratou com um valor único a mão de obra e material para solucionar todas as interferências citadas. O valor apresentado provém do contrato entre a empresa construtora e o fornecedor.

<sup>18</sup> A solução adotada não gerou custo, uma vez que foi necessário apenas realocar as tubulações que ainda não estavam executadas.

<sup>19</sup> Custo não considerado, pois apenas foi realocado o eletroduto passante pelo vão da porta. O custo de mão de obra envolvido é mínimo e foi desprezado.

É possível observar que a Obra 1 teve um gasto significativamente maior com problemas decorrentes da má compatibilização de projetos quando comparada à Obra 2.

Os custos com incompatibilidades de projeto na Obra 1 representam 0,235% do orçamento da obra, estimado em R\$ 26.027876,44. Por sua vez a Obra 2, orçada em R\$ 25.595.616,71 pela construtora, apresentou gasto com incompatibilidades de projeto correspondente à apenas 0,02% do orçamento da obra, até o final deste estudo. Comparativamente, a obra 1 teve quase 12 vezes mais gastos ocasionados por incompatibilidades e omissões de projetos que a obra 2.

#### **4.4.3 Impacto em Prazo**

Para Isatto et al. (2000, p.75) o planejamento de obra é um processo gerencial que compreende a definição de objetivos e de procedimentos necessários para atingi-los. Da mesma forma que, conforme citado no item anterior, os custos incorridos de problemas projetuais não são previstos no orçamento da obra, o tempo necessário para solucionar as incompatibilidades identificadas durante a execução do empreendimento também não está incluso no cronograma executivo da obra. As atividades que não estão definidas em planejamento e, ao longo da obra apresentam-se indispensáveis para solucionar incompatibilidades e omissões, distanciam a construtora do atingimento dos seus objetivos conforme planejamento. São atividades com prazo nulo, que precisam ser encaixadas no planejamento semanal do canteiro, de modo a não interferir ou interferir minimamente na data de entrega da obra prevista no planejamento executivo.

Para que o prazo final seja pouco ou nada afetado, as equipes de obra, de projetos, custos e de suprimentos, precisam adequar suas rotinas de modo a incluir novas atividades com prazos urgentes. Os impactos referentes ao tempo que cada colaborador envolvido na cadeia precisa dedicar para solucionar uma falha que não estava prevista são os mais complexos de mensurar.

As imagens abaixo ilustram a página do sistema de contratações da empresa construtora. O caso aqui visto se refere a uma contratação de mão de obra bruta de alvenaria, decorrida de uma omissão projetual no momento da contratação inicial do serviço. O prazo requerido pelo setor de suprimentos da construtora, para este tipo de contratação, é de 70 dias, como pode ser observado no Quadro 02, no entanto, nota-se pelo Quadro 03, que a contratação foi efetivada em apenas 4 dias. O curtíssimo prazo para efetivar a contratação citada, leva a crer que os sete colaboradores envolvidos na operação, precisaram priorizar esta solicitação em detrimento das suas demais atividades. É importante ressaltar que, nesta contratação, estiveram envolvidos

colaboradores da obra (colaboradores A e B), da controladoria de custos (colaborador C), do setor de orçamentos (colaborador E), gerentes (colaborador D) e setor de suprimentos (colaboradores F e G).

Quadro 2: Prazo para contratação de mão de obra de alvenaria

Solicitação fora do prazo requerido por Suprimentos		
SOLICITAÇÃO		PRAZO SUPRIMENTOS
<b>Prazo para início:</b> Solicitado pela obra com 0 dias	<b>Dias requeridos:</b> 70 dias (total)	<b>Etapas efetivadas:</b> 1 dias (total)
<b>Prazo para Inclusão, Conferência e Autorização:</b> 0 dias Liberado em 0 dias para Negociação	<b>Análise do QC:</b> 5 dias <b>Negociação do QC:</b> 30 dias <b>Emissão de contrato:</b> 20 dias <b>Assinatura do Contrato:</b> 20 dias	<b>Análise do QC:</b> 0 dias <b>Negociação do QC:</b> 0 dias <b>Emissão de contrato:</b> 0 dias <b>Assinatura do Contrato:</b> 1 dias

(fonte: cedido pela empresa)

Quadro 3: Fluxo de contratação - histórico de alterações

	Etapa	Status da Etapa	Usuário	Data
Início do processo de contratação	Inclusão do QC	Em andamento	Colaborador A	31/03/2020 15:35:46
	Inclusão do QC	Aprovada	Colaborador A	31/03/2020 15:36:11
	Conferência do QC	Em andamento	Colaborador B	31/03/2020 15:39:31
	Conferência do QC	Aprovada	Colaborador B	31/03/2020 15:42:30
	Autorização do QC	Reprovada	Colaborador C	31/03/2020 16:33:04
	Conferência do QC	Em andamento	Colaborador B	31/03/2020 16:42:05
	Conferência do QC	Aprovada	Colaborador B	31/03/2020 16:42:56
	Autorização do QC	Aprovada	Colaborador C	31/03/2020 16:44:00
	Análise do QC	Em andamento	Colaborador C	31/03/2020 16:44:12
	Análise do QC	Em andamento	Colaborador D	31/03/2020 17:26:17
	Análise do QC	Em andamento	Colaborador E	01/04/2020 11:03:21
	Análise do QC	Aprovada	Colaborador E	01/04/2020 11:03:39
	Negociação do QC	Aprovada	Colaborador F	01/04/2020 11:19:31
	Emissão de contrato	Em andamento	Colaborador C	01/04/2020 11:20:54
	Emissão de contrato	Em andamento	Colaborador G	01/04/2020 11:50:32
	Emissão de contrato	Em andamento	Colaborador G	01/04/2020 14:05:10
	Emissão de contrato	Em andamento	Colaborador G	01/04/2020 15:06:49
	Emissão de contrato	Aprovada	Colaborador G	02/04/2020 08:37:18
	Assinatura do contrato	Em andamento	Colaborador G	02/04/2020 09:15:53
	Assinatura do contrato	Em andamento	Colaborador G	02/04/2020 11:42:06
	Assinatura do contrato	Em andamento	Colaborador G	03/04/2020 08:58:11
Fim do processo de contratação	Assinatura do contrato	Aprovada	Colaborador G	03/04/2020 09:00:50

(fonte: adaptado do sistema de suprimentos da empresa)

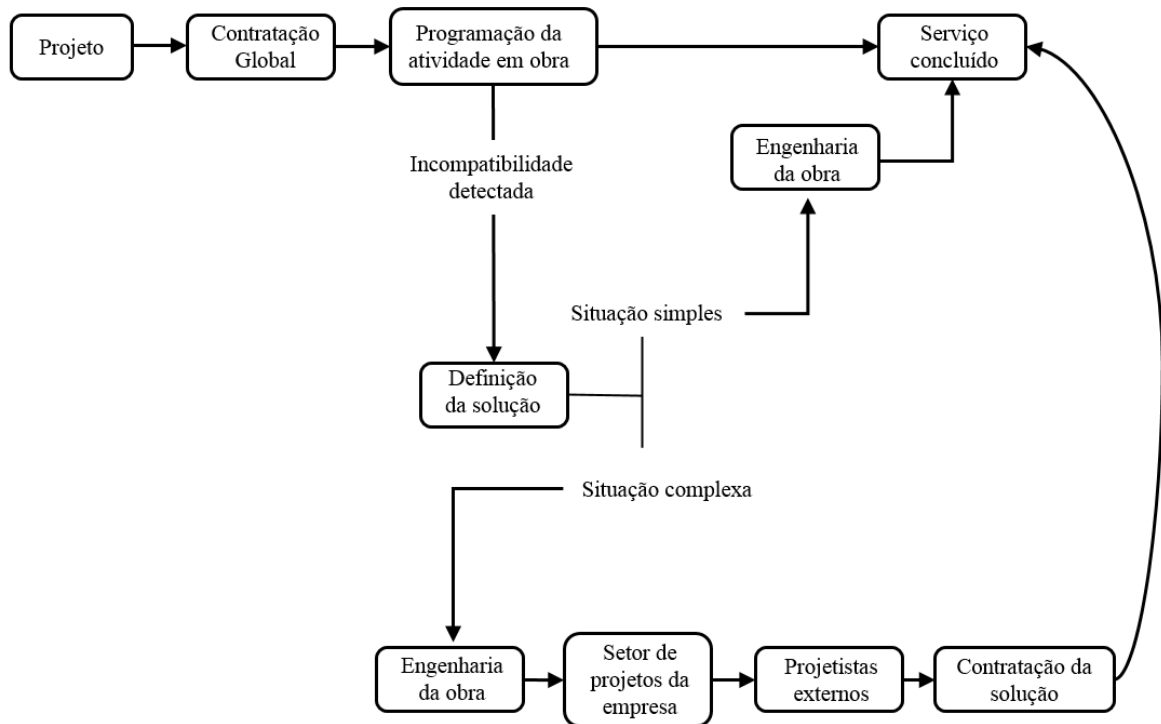


Embora as contratações de serviços não previstos no cronograma inicial envolvam diversos setores da empresa e exijam destes um trabalho ágil, é na obra que se percebe o maior impacto no que diz respeito aos prazos. Quando uma incompatibilidade de projeto, ou uma omissão, é detectada no momento da execução da atividade na obra, o fluxo de serviços que estava programado para acontecer sequencialmente fica estagnado até que se tenha definida uma solução.

Comumente, quem identifica o problema é o colaborador que está executando a atividade. Este sinaliza para a engenharia da obra que o serviço está impedido de ter continuidade devido à indefinição de projeto. Se a incompatibilidade for simples de ser resolvida, imediatamente a engenharia define a diretriz e autoriza o funcionário a retomar seu serviço, porém em casos mais complexos, torna-se necessário acionar setores internos de projeto e produto e, algumas vezes, até mesmo projetistas externos. Enquanto tramitam as definições internamente, a atividade fica estagnada.

Após definida e aprovada a solução a ser implementada, deve-se iniciar a etapa de contratação da mesma, que onera diferentes prazos dependendo do serviço que deverá ser contratado. Posterior à negociação finalizada e contrato oficializado com o fornecedor, o serviço pode iniciar na obra. O fluxograma da Figura 60, abaixo, elucida o desvio que ocorre na programação das atividades quando é encontrada uma incompatibilidade.

Figura 60: Fluxograma de ações na obra frente às incompatibilidades



(fonte: elaborado pela autora)

As obras estudadas neste trabalho, apresentaram diversas situações de incompatibilidades, que podem ser caracterizadas como simples ou complexas, dependendo do tempo que a empresa levou para solucioná-las. Neste trabalho, a complexidade da incompatibilidade foi considerada diretamente proporcional ao tempo para solução. As Tabelas 6 e 7, a seguir, representam uma estimativa de quantos dias foram necessários para definir a solução, contratar os serviços necessários e executá-los em obra. Os prazos estimados provêm das contratações efetivadas, dos relatos dos colaboradores das obras estudadas e, na ausência destes, utilizou-se a matriz de prazos padrão de contratação da empresa construtora, que pode ser encontrada no Anexo D.

Tabela 6: Impacto das incompatibilidades de projeto em prazo na Obra 1

Item	Ocorrência	Ação	Identificar o problema e definir solução (dias)	Contratar Solução (dias)	Executar solução (dias)	Total (dias)
<b>a</b>	Furação em laje para escada pressurizada	Executar alvenaria de fechamento no shaft	3	NA <sup>20</sup>	5	8
<b>b</b>	Furação em vigas para passagem de instalações	Rebaixar nível das eletrocalhas	1	NA	NA	1
<b>c</b>	Estrutura x Área de cadeirante	Escorar a laje, demolir pilar e fazer novo pilar com seção reduzida	5	84	2	91
<b>d</b>	Estrutura x Esquadria da guarita	Executar vigas e pilaretes intermediários	5	68	5	78
<b>e</b>	Galeria para manutenção da piscina	Abrir vão na estrutura	3	0	1	4
<b>f</b>	Estrutura x Esquadria hall transbordo	Executar viga intermediária	5	68	3	76
<b>g</b>	Patamar da escadaria x Alvenaria de vedação	Executar estrutura complementar em 7 escadas	5	68	15	88
<b>h</b>	Tubulação elétrica aparente na estrutura	Executar sanca de gesso em 7 unidades	5	100	5	110
<b>i</b>	Furação para ligação do reservatório superior	Executar nova furação	1	25	1	27
<b>j</b>	Cintas de concreto armado	Executar cintas de concreto armado no meio do vão das paredes	5	4	10	19
<b>k</b>	Corte de vigas invertidas	Cortar vigas para adequação do vão	28	38	5	71
<b>l</b>	Ralo linear	Instalação de ralo linear	10	29	5	44
<b>m</b>	Shaft em laje	Fechar vão da laje	1	68	2	71

(fonte: elaborado pela autora)

<sup>20</sup> Não aplicável

Tabela 7: Impacto das incompatibilidades de projeto em prazo na Obra 2

Item	Ocorrência	Ação	Identificar o problema e definir solução (dias)	Contratar Solução (dias)	Executar solução (dias)	Total (dias)
<b>a</b>	Conflito de instalações brinquedoteca	Nova furação e reposicionamento das tubulações	10	25	1	36
<b>b</b>	Conflito de instalações estacionamento	Rebaixo do nível da tubulação	3	NA <sup>21</sup>	NA	3
<b>c</b>	Instalação elétrica x Modulação	Realocação do eletroduto	1	NA	1	2
<b>g</b>	Instalações de gás x Estrutura	Realocar o ponto elétrico	1	NA	10	11
<b>j</b>	Estaqueamento	Rearmar o aço das estacas	5	NA	10	15
<b>h</b>	Escoamento de águas pluviais	Criar ralos nas coberturas	3	25	10	38

(fonte: elaborado pela autora)

É importante ressaltar que, os prazos estimados nas tabelas não traduzem, necessariamente, um atraso real de obra no que tange o atingimento da data planejada para a obtenção do habite-se. Fazer um somatório dos prazos envolvidos na solução de cada interferência também não seria adequado, uma vez que as incompatibilidades detectadas ao longo do mesmo período, foram solucionadas de maneira concomitante.

No entanto, todas as atividades realizadas para correção de incompatibilidades demandaram tempo dos colaboradores da construtora e de fornecedores externos, alteração de prioridades e mudanças no planejamento previamente estabelecido. O planejamento de cada uma das obras é revisto mês a mês pela construtora, com intuito de gerenciar os prazos e traçar planos de ação para situações que se encontram no caminho crítico da construção.

De modo geral, a conclusão que se pode chegar no momento é que, até o fim do período de análise deste estudo de caso, as equipes de obra conseguiram absorver os atrasos ocasionados pelas incompatibilidades, em detrimento de mais trabalho para todos os envolvidos, de modo a

---

<sup>21</sup> Não aplicável

não alterar a data de entrega do empreendimento. Entretanto, como as obras ainda estão em andamento, o incremento no prazo total de cada obra só poderá ser confirmado quando da conclusão das mesmas. A confirmação final, do aumento ou não do prazo das obras não será realizada neste estudo, pois se encontra cronologicamente fora do período destinado para este trabalho.

#### **4.4.4 Visão das equipes de obra**

As possibilidades de melhoria no processo construtivo através do uso do BIM são de conhecimento das equipes tanto da Obra 2, que já utiliza o BIM, quanto da Obra 1, que se vale apenas dos projetos em CAD.

O modelo da Obra 2, como citado anteriormente, ainda é um projeto básico, que se enquadra no nível de desenvolvimento 350, uma vez que carece de informações técnicas e detalhamentos específicos de materiais e soluções projetuais. Entretanto, o modelo tem espaços consolidados, permite detecção de interferências, bem como a troca de informações entre todos os projetistas envolvidos no processo, através da interoperabilidade, o que possibilitou os ganhos apontados neste trabalho.

De um modo geral, a equipe da Obra 2, utilizando um modelo em ND 350, relata ganhos, em obra, na compreensão do projeto, na elaboração de quantitativos, bem como na tomada de decisões sobre qual a melhor ordem de execução de serviços que estão muito próximos fisicamente um dos outros - como no caso das instalações elétricas, hidráulicas e de incêndio - e que podem ter problemas de construtibilidade. Há um reconhecimento que, devido ao fato de o projeto ter sido modelado em BIM, as incompatibilidades projetuais foram detectadas com maior facilidade durante a etapa de compatibilização, fazendo com que chegassem menos problemas de interferências na obra. Por outro lado, a equipe da obra entende que as interferências de projeto que foram detectadas no canteiro têm relação direta com a entrega tardia de algumas disciplinas de projeto que, mesmo tendo sido modeladas em BIM, foram disponibilizadas quando a obra já estava em execução, reduzindo as possibilidades de ajustes projetuais.

A equipe da Obra 1, por sua vez, que foi muito mais impactada pela presença de incompatibilidade de projetos, também entende que o BIM teria sido positivo na execução da obra, trazendo mais facilidade de compatibilização e minimizando o número de incompatibilidades detectadas na obra. Entretanto, ressalta que o uso do BIM, por si, não teria sido a solução dos problemas ocorridos no decorrer da execução do empreendimento, uma vez que os projetistas são determinantes no processo, independente da metodologia utilizada e que o tempo de projeto também interfere na quantidade de problemas que podem se apresentar nos mesmos.

## 5 CONCLUSÃO

De acordo com Eastman et al. (2014), a modelagem em BIM é capaz de eliminar os erros de projeto causados por desenhos inconsistentes 2D, além de possibilitar a detecção de conflitos, de maneira sistemática e visual, antes que cheguem à obra. Ainda, para eles, os erros por omissão são reduzidos, as sugestões de mudanças de projeto podem ser testadas e seus impactos imediatamente avaliados e a coordenação entre projetistas e construtores é aprimorada. A consequência direta é um processo de construção mais rápido, com menor custo e mais apazível a todos os envolvidos na execução do empreendimento.

Com base nas análises apresentadas neste trabalho, provenientes do estudo de caso com as obras 1 e 2, é possível afirmar que os resultados obtidos respondem, de maneira satisfatória, a questão inicial proposta neste estudo, sobre como o BIM pode alterar o cenário das incompatibilidades de projeto na execução de edificações.

Dentro das condições de contorno consideradas para viabilizar a análise - dois projetos de uma mesma construtora, com tipologia similar, métodos construtivos equivalentes, porém com projetistas e executores diferentes - o estudo concluiu que o BIM, efetivamente, traz benefícios aos seus usuários, reduzindo o número de incompatibilidades de projeto, uma vez que aumenta a capacidade de visualização do projeto como um todo através do modelo federado, facilita o entendimento do projeto, melhora a comunicação e colaboração entre os atores envolvidos no processo e antecipa problemas que, em obras projetadas em CAD, são, em geral, detectados apenas no momento da execução do serviço.

É imprescindível ressaltar que, para que o BIM seja capaz de alterar o contexto do impacto das incompatibilidades de projeto nos canteiros de obra, os colaboradores que fazem parte do processo devem estar envolvidos com a mudança cultural e profissional que o BIM propõe. É preciso trabalhar com colaboradores que acreditem nos benefícios que a modelagem da construção oferece e que estejam em constante desenvolvimento no uso das ferramentas. Para Eastman et al. (2014), “o BIM é uma tecnologia em desenvolvimento, que conforme evolui, se torna mais utilizada e os impactos de seu uso na forma como os edifícios são construídos fica mais evidente”.

As empresas, por sua vez, se buscam as melhorias oferecidas pela modelagem, precisam investir na formação dos seus colaboradores, bem como em infraestrutura e softwares adequados para todos os envolvidos na execução do empreendimento. Apesar de o acesso à modelagem da informação da construção fazer parte da realidade da Obra 2, analisada neste trabalho, o estudo demonstrou uma carência em infraestrutura para aproveitamento integral do projeto modelado no canteiro de obras. Devido aos elevados custos para aquisição de softwares e máquinas suficientemente potentes para utilização adequada do modelo, percebe-se um maior investimento em equipamentos e programas para os colaboradores envolvidos com o desenvolvimento do projeto em si, no escritório, ao passo que a obra se limita a softwares de visualização, que fornecem uma gama de benefícios ínfima perto do que o BIM pode oferecer.

De maneira geral, os resultados deste trabalho levam a acreditar que a modelagem da informação da construção reduz a incidência de incompatibilidades de projeto, através da melhora e facilidade no processo de compatibilização. Como já visto ao longo da análise, identificar as interferências e omissões antecipadamente à execução da obra traz economia significativa de tempo e de recursos financeiros.

De fato, a metodologia BIM, por si, não é a resolução dos problemas de incompatibilidades de projeto que se apresentam no momento da execução das obras. O BIM é um facilitador, que promove a integração entre os atores do processo projetual e construtivo, tornando o processo colaborativo (Eastman et al., 2014). Quando bem aplicada, a tecnologia BIM é capaz de proporcionar um modelo preciso, com adequado nível de detalhamento e especificação dos elementos BIM do projeto de acordo com a necessidade de cada obra, aumento da qualidade e confiabilidade dos projetos, maior velocidade na documentação, além de proporcionar liberdade para equipes de obra, uma vez que a gama de informações do modelo é maior que a oferecida em projetos 2D. Consequentemente, a construção torna-se mais rápida, menos custosa, mais confiável e menos sujeita a erros. O BIM está mudando a forma dos edifícios, o modo como funcionam e as maneiras pelas quais são construídos (Eastman et al., 2014, p.282).

Por fim, é relevante salientar que o BIM vai muito além da compatibilização de projetos e detecção de interferências. São muitas as possibilidades de complementação e continuação desde estudo, uma vez que, os ganhos possibilitados pela modelagem permeiam os mais diversos níveis do processo construtivo, desde a visualização 3D da edificação até análises de planejamento e prazo, entre outros benefícios que aqui foram apresentados superficialmente, mas que merecem estudos mais aprofundados para análise de seu potencial.



## REFERÊNCIAS

ADESSE, Eliane; MELHADO, Silvio B. **A coordenação de projetos externa em empresas construtoras e incorporadoras de pequeno e médio portes**. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. 2003. Disponível em: <http://poliintegra.poli.usp.br/library/pdfs/79ecce9cba0430d37f22ac4c66c8c1e4.pdf>. Acesso em 14/11/2020.

ADESSE, Eliane; **Coordenação de projetos: um estudo junto aos empreendedores de edifícios multifamiliares, padrão alto e médio, construídas na Vila Mariana - São Paulo – SP**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2006. Disponível em: <https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-19381/coordenacao-de-projetos--um-estudo-junto-aos-empreendedores-de-edificacoes-multifamiliares-padrao-alto-e-medio-construidas-na-vila-mariana-sao-paulo-sp>. Acesso em 10/10/2020.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Projeto Proarte do DNIT consolidará metodologia BIM no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/projeto-proarte-do-dnit-consolidara-metodologia-bim-no-brasil>. Acesso em 14/11/2020.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Aula Curso Objetos BIM**; 2020.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **GUIA 1 – Processo de Projeto BIM**. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: 2017.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **GUIA 2 – Classificação da Informação no BIM**. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: 2017.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **GUIA 3 – BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção.** Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: 2017.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **GUIA 4 – Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia.** Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: 2017.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **GUIA 6 – A Implantação de Processos BIM.** Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: 2017.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **GUIA 3 – BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção.** Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: 2017.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Processo de Projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC.** Vol. 1. Brasília, DF: ABDI, 2017.

AMORIN, SÉRGIO ROBERTO LEUSIN DE. **Gerenciamento e Coordenação de Projetos em BIM: um guia para o sucesso de empreendimentos.** 1.ed.-[Reimpr.] Rio de Janeiro: LTC, janeiro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA DO RIO GRANDE DO SUL. **Caderno Técnico ASBEA – RS: migração BIM.** 1. ed. Porto Alegre: Associação Riograndense dos Escritórios de Arquitetura, abril de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de classificação da informação da construção - Parte 7: Informação da construção**. Rio de Janeiro, 2015.

BARRETO, B. V; SANCHES, J. L. G; ALMEIDA, T. L. G; RIBEIRO, S. E. C. **O BIM no Cenário de Arquitetura e Construção Civil Brasileiro**. 2016. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/4811>. Acesso em 14/11/2020.

BERNSTEIN, Harvey M. **The business value of bim for construction in major global markets: How contractors around the world are driving innovation with building information modeling**. 1 ed. Bedford: McGraw Hill, 2014. 64 p. Disponível em: [https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim\\_construction.pdf](https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf). Acesso em 22/09/2020.

BCG (Boston Consulting Group). **The Transformative Power of Building Information Modeling**. 2016. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/publications/2016/engineered-products-infrastructure-digital-transformative-power-building-information-modeling>. Acesso em: 01/05/2021.

BIM FORUM. **Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary**. 2019. Disponível em <https://bimforum.org/lof/>. Acesso em 13 de setembro de 2020. Disponível em: <https://bimforum.agc.org/wp-content/uploads/sites/27/2020/04/3.12.20-LOD-Spec-2019-Part-I-and-Guide-2019-04-29.pdf>. Acesso em 15/12/2020.

CALLEGARI, S; **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares. Dissertação – Arquitetura e Urbanismo**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89863#:~:text=An%C3%A1lise%20da%20compatibiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20projetos%20em%20tr%C3%AAs%20edif%C3%ADcios%20residenciais%20multifamiliares,-Mostrar%20registro%20completo&text=A%20an%C3%A1lise%20prop%C3%B5e%20demonstrar%20uma,e%20definidoras%20das%20etapas%20subseq%C3%BCentes>. Acesso em 14/11/2020.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Constructability: Best Practice**.1984-1988. Disponível em: <https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/best-practices/constructability/topics/rt-003>. Acesso em 07/11/2020.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, junho de 2016.

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.

ESTADÃO, Media Lab. **BIM: inovação e tecnologia modernizam indústria da construção**. Estadão, São Paulo, ano 2018, 22 mar. 2018. ESPECIAL- Tecnologia na Construção, p. 1-8.

FABRÍCIO, Márcio Minto. **O Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em:[https://www.researchgate.net/publication/264825683\\_Projeto\\_Simultaneo\\_na\\_Construcao\\_de\\_Edificios](https://www.researchgate.net/publication/264825683_Projeto_Simultaneo_na_Construcao_de_Edificios). Acesso em 12/11/2020.

FERRAZ, M; MORAIS, R; **O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em betão**. In: ENCONTRO NACIONAL BETÃO ESTRUTURAL - BE2012, não informado, Porto. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012, p. 1-9. Disponível em: [https://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/187\\_Artigo.pdf](https://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/187_Artigo.pdf). Acesso em 23/08/2020.

FERREIRA, R.; SANTOS, E. **Características da representação 2d e suas limitações para a compatibilização espacial**. Gestão & Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 2, n. 2, p. 36-51, 2007.

FONTENELLE, E.C. **Estudos de caso sobre a gestão do projeto em empresas de incorporação e construção**. 2002. 269f. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. 1992. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.

GOVERNO DE SANTA CATARINA. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM**. 2015. Disponível em <http://gt-bim-sc.blogspot.com/2015/08/caderno-de-apresentacao-de-projetos-bim.html>. Acesso em: 23/08/2020.

GTBIM – GRUPO TÉCNICO BIM – AsBEA. **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM – Fascículo I**. São Paulo: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA, 2013.

HARDIN, Brad; MCCOOL, Dave. **Bim and construction management: proven tools, methods, and workflows**. 2 ed. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, 2015. 408 p.

HOLANDA, M. **Do CAD ao BIM. Quais as ferramentas do arquiteto brasileiro?**. 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/914299/do-cad-ao-bim-quais-as-ferramentas-do-arquiteto-brasileiro>. Acesso em 29/11/2020.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M. de.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. da C. L. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. 2. Ed. Porto Alegre: Sebrar/RS, 2000.

ISIKDAG, U.; UNDERWOOD, J. **Two design patterns for facilitating Building Information Model-based synchronous collaboraion. Automation um Construction**, v.19. 2010.

JUNG, Rafaela. **UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA E ARQUITETURA**. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, p. 192. 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/202484>. Acesso em 21/08/2020.

KASSEM, Mohamad; AMORIM, Sergio R. Leusin de. **BIM - BUILDING INFORMATION MODELING NO BRASIL E NA UNIÃO EUROPEIA**. Brasília, 2015. Disponível em: <http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>. Acesso em 10/09/2020.

KEHL, C.; ISATTO, E. L. **Barreiras e oportunidades para a verificação automática de regras da produção na fase de projeto com uso da tecnologia BIM**. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/301464355\\_BARREIRAS\\_E\\_OPORTUNIDADES\\_PARA\\_A\\_VERIFICACAO\\_AUTOMATICA\\_DE\\_REGRAS\\_DA\\_PRODUCAO\\_NA\\_FASE\\_DE\\_PROJETO\\_COM\\_USO\\_DA\\_TECNOLOGIA\\_BIM](https://www.researchgate.net/publication/301464355_BARREIRAS_E_OPORTUNIDADES_PARA_A_VERIFICACAO_AUTOMATICA_DE_REGRAS_DA_PRODUCAO_NA_FASE_DE_PROJETO_COM_USO_DA_TECNOLOGIA_BIM). Acesso em 23/08/2020.

MANSO, Marco Antonio; MITIDIERI FILHO, Cláudio Vicente. **Modelo de sistema de gestão e coordenação de projetos para empresas construtoras e incorporadoras**. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 2, n. 1, p. 103-123, 2007. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50907>. Acesso em 12/10/2020.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual para a gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 353 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014-124306/pt-br.php#:~:text=T%C3%ADtulo%20em%20portugu%C3%AAs-,Proposi%C3%A7%C3%A3o%20de%20uma%20estrutura%20conceitual%20de%20gest%C3%A3o%20do%20processo%20de,com%20o%20uso%20do%20BIM.&text=Em%20diferentes%20pa%C3%ADses%20e%20cen%C3%A1rios,pleno%20dos%20benef%C3%ADcios%20do%20BIM.> Acesso em 19/08/2020.

MARSICO, Matheus Lamas; MEDEIROS, Rafael de; DELATORRE, Vivian; COSTELLA, Marcelo Fabiano; JACOSKI, Claudio Alcides. Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, SC, Brasil, v. 7, n. 17, p. 19-41, 2017.

MELHADO, S. B. **Coordenação de Projetos de Edificações**. São Paulo. Ed. O Nome da Rosa. 2005. 115p.

MIKALDO JR, JORGE. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de TI**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, 2006. 134 p. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/10393>. Acesso em 03/10/2020.

MIRANDA, Rian das Dores de. SALVI, Levi. **Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 05, Vol. 07, pp. 79-98 Maio de 2019. ISSN: 2448-0959. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Rian-Miranda/publication/334377692\\_Analise\\_da\\_tecnologia\\_Bim\\_no\\_contexto\\_da\\_industria\\_da\\_construcao\\_civil\\_brasileira/links/5d947e8592851c33e94e9c21/Analise-da-tecnologia-Bim-no-contexto-da-industria-da-construcao-civil-brasileira.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rian-Miranda/publication/334377692_Analise_da_tecnologia_Bim_no_contexto_da_industria_da_construcao_civil_brasileira/links/5d947e8592851c33e94e9c21/Analise-da-tecnologia-Bim-no-contexto-da-industria-da-construcao-civil-brasileira.pdf). Acesso em 28/05/2021.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National BIM Standard – United States**. 2015. Disponível em: <https://www.nationalbimstandard.org/>. Acesso em: 23/08/ 2020.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National Building Information Modeling Standard Version 1 – Part 1: Overview, Principles, and Methodologies**. Building Smart Alliance, 2007. Disponível em: [https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1\\_p1.pdf](https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1_p1.pdf). Acesso em 09/11/2020.

NBS. **The NBS BIM Report 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.thenbs.com/about-nbs>. Acesso em 14/11/2020.

NBS. **BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained**. Disponível em: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>. Acesso em 28/05/2021.

NIELSEN, J; HANSEN, E. J. P.; AAGAARD, N. J. **Buildability as a tool for optimisation of Building defects**. 2009. In: CIB JOINT INTERNATIONAL SYMPOSIUM, Dubrovnik, Croácia. Disponível em [https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/18418353/Buildability\\_as\\_a\\_tool.pdf](https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/18418353/Buildability_as_a_tool.pdf). Acesso em 08/11/2020.

NÓBREGA JÚNIOR, C. L.; MELHADO, S. B. **Coordenador de projetos de edificações: estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia**. São Paulo: EPUSP, 2013. 26 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/579). Disponível em: [http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00579.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00579.pdf). Acesso em 12/10/2020.



OLIVEIRA, J. O. **Modelo de gestão para pequenas empresas de projeto de edifícios**. 2005. 279 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-15062005-112500/pt-br.php>. Acesso em 11/10/2020.

PENTTILÄ, H. **Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression**. *Journal of Information Technology in Construction*, v. 11, special issue, p. 395-408, 2006.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - PMI. **A guide to the Project management body of knowledge (PMBOK guide)**. Newtown Square, Pennsylvania-USA, 6.ed., 2017.

RODRIGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. **Construtibilidade no processo de projeto de edificações**. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO*, 3., 2003, São Carlos. Anais... São Carlos: SIBRAGEQ, 2003. p. 355-366. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/8100>. Acesso em 14/10/20.

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. **Coordenação de projetos: uma experiência de 10 anos dentro de empresas construtoras de médio porte**. *In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, Anais... Fortaleza, 2001.

RUSCHEL, Regina. **To BIM or not to BIM**. *In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO*, 3. 2014. **Anais eletrônicos [...]** São Paulo: ANPARQ. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/282669890\\_To\\_BIM\\_or\\_not\\_to\\_BIM](https://www.researchgate.net/publication/282669890_To_BIM_or_not_to_BIM). Acesso em 27 de set. de 2020.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X de.; MORAIS, M. de. O O ensino do BIM no Brasil: onde estamos? *In: Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr/jun.2013.

SANTANA, L. **BIM no mundo: a revolução mundial da construção inteligente**. 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/bim-no-mundo/>. Acesso em 08 nov. 2020.

SCHEER; SERGIO, MIKALDO JR, JORGE. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual a melhor solução?** *Revista Gestão e Tecnologia de Projetos*, 2008, vol. 3, nº 1, p. 80, maio. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50928>. Acesso em 16/11/2020.

SILVA, Maria Angelica Covelo; SOUZA, Roberto De. **Gestão do processo de projeto de edificações**. 1 ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003. 181 p.

SILVA, Maria Vitória F. P.; NOVAES, Celso Carlos. A coordenação de projetos de edificações: estudo de caso. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, volume 3, nº 1, p.44-78, mai, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50927>. Acesso em: 08 nov. 2020.

SINAPI – **Relatório de Insumos e Composições RS (não desonerado) – FEV/21**. Disponível em: [https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_660](https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_660). Acesso em 28/03/2021.

TECHNÉ; LOTURCO, Bruno. *Projetos Coordenados*. 2008. *In: Instituto de Engenharia*. Instituto de Engenharia. São Paulo, 27 jun. 2008. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2008/06/27/projetos-coordenados/>. Acesso em 17 de out. de 2020.

TEIXEIRA, Juliano Domingos. **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ATRAVÉS DA MODELAGEM 3D COM USO DE SOFTWARE EM PLATAFORMA BIM**. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal De Santa Catarina, Centro Tecnológico – CTC, Departamento De Engenharia Civil, p. 104. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/164583/TCC%20JULIANODT%20Versao%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 28/05/2021.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – Entrevista I

**Entrevistada: Eng. Rafaela Jung, especialista em BIM**

**Luana (entrevistadora):** O que levou a empresa a adotar o BIM? Demanda do mercado ou a demanda interna?

**Rafaela (entrevistada):** Acredito que um pouco das duas coisas. A diretoria sempre teve uma certa curiosidade com inovação. Inicialmente essa proposta surgiu com o Marcio no setor de orçamentos, alinhado com Tobias em planejamento. Ambos estavam estudando a metodologia e convenceram a diretoria sobre a necessidade disso. Se manter nessa pesquisa e tudo mais, acontece pelo desenvolvimento do mercado como um todo.

**Luana:** Qual foi o primeiro uso do BIM dentro da empresa?

**Rafaela:** Para quantificação de elementos modelados no projeto arquitetônico, como paredes, pisos, esquadrias etc.

**Luana:** Quantos projetos a empresa possui, hoje, modelados em BIM?

**Rafaela:** Atualmente, 17 projetos (dentro de cada um, várias disciplinas). Além disso, tem 3 para começar que também serão modelados.

**Luana:** De modo geral, qual a tua visão sobre o quanto a empresa já avançou, quais as principais barreiras/limitações encontradas e qual o potencial de avanço que ainda existe com o BIM?

**Rafaela:** De uma maneira simplificada eu vejo o seguinte:

Em 2017 o cenário era: necessidade de implementação BIM, com direcionamento estratégico ainda não consolidado, processos em desenvolvimento e projetistas pouco ou não capacitados

Em 2018 o cenário era: alinhamento com diretoria dos principais usos BIM, focado em quantificação de materiais para orçamentação. Trabalhos principais no ano foram o teste com projetos de dois empreendimentos, foco nas conversas e capacitação de projetistas, início do desenvolvimento de diretrizes de modelagem, revisão de processos de projetos para adaptação à metodologia. Além disso, fizemos bastante benchmarking com empresas que implementaram.

Em 2019 o cenário era: consolidação das revisões dos processos de projeto, consolidação de parâmetros de orçamento, consolidação de diretrizes de modelagem, continuidade de treinamento e capacitação de projetistas junto aos nossos padrões. Outras ações foram o início de conversas com outros setores como suprimentos e planejamento para desenvolvimento e uso do BIM para os objetivos deles. Foco em mostrar para empresa e convencer o uso pela obra.

Em 2020 o cenário era: continuidade de trabalho com projetistas e desenvolvimento dos projetos em BIM, treinamento básico de obras em visualização. Um ponto de retrocesso foi o término do uso em orçamentos. Mais para o final, focamos no piloto de um dos nossos empreendimentos, que acredito ser um grande avanço.

Em 2021: foco em ensino de obras e aprendizagem de soluções baseadas em BIM para os problemas recorrentes da engenharia. Sugestão de abordagem ágil com testes em obras, feedback e aprendizado.

## APÊNDICE B – Entrevista II

### **Entrevistada: Eng. Rafaela Jung, especialista em BIM**

**Luana (entrevistadora):** Qual a tua visão sobre a maturidade do projeto da Obra 2, quando se fala em BIM?

**Rafaela (entrevistada):** Depende em termos de quê. Se fôssemos medir a maturidade em relação a algum método consagrado e estudado, provavelmente nós teríamos um nível algo entre inicial e definido, que significa que tem uso de softwares e modelos, mas falta integração, colaboração dentro dos modelos de forma mais estruturada. Nesse nível, usamos os modelos mais para geração de documentos 2D e visualizações e compatibilizações em 3D, sem haver muito uso e coordenação da informação. Nesse caso, muitos projetistas estavam pela primeira vez projetando em modelos BIM, pela primeira vez trabalhando com o plano de execução BIM na Melnick, o que acarreta muitos erros e necessidade de ajustes iniciais. Quando cito erros, não quero me referir a algo pessimista, mas como um tipo de acontecimento necessário para gerar aprendizado no processo, o que é bem característico dessa transição. Não podemos dizer que foi um projeto maduro, pois os projetistas estavam aprendendo no caso da Obra 2, a equipe de projeto estava aprendendo, então foi mais inicial mesmo. Além disso, não tinha muita integração com outros setores da empresa, a obra teve de ser treinada, mas não tinha infra para usar e explorar a metodologia etc.

**Luana:** Por que foram escolhidas somente algumas disciplinas de projeto para serem modeladas na Obra 2?

**Rafaela:** Pois o projeto tinha sido iniciado e contratado antes de estarmos trabalhando em BIM propriamente dito, então alguns projetistas não conseguiram se adaptar no tempo que tínhamos. Não foi uma decisão estratégica, mas circunstancial, levando em consideração o que estava disponível no mercado.

**Luana:** No teu entendimento, a Obra 2 é a representação de um avanço para a empresa em termos de modelagem, quando comparada com o que se tinha em BIM antes dela?

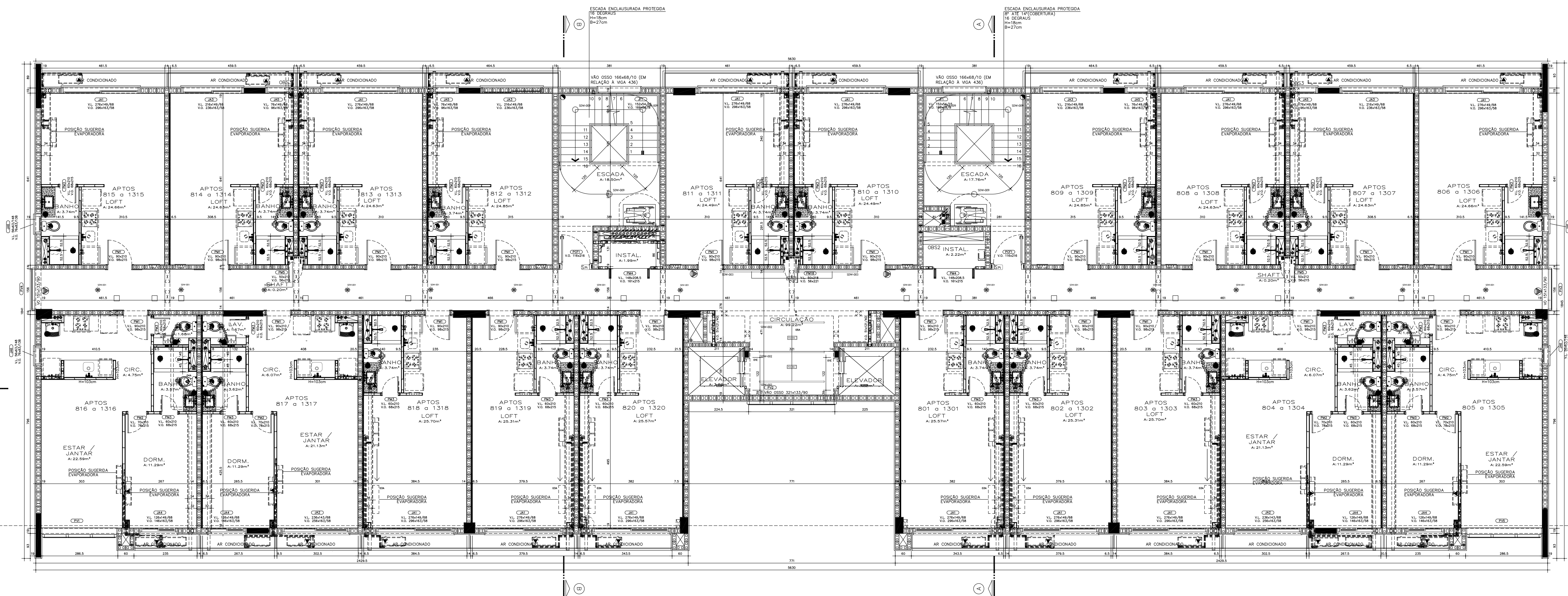
**Rafaela:** Com certeza. Se formos considerar os primeiros testes em outras obras, não conseguíamos ter um mínimo de diretrizes atendidas, não conseguíamos montar o modelo

federado, não conseguíamos nem extrair a documentação 2D em alguns casos e por aí vai. Então, apesar de termos tido dificuldades, erros e tudo mais, foi um avanço e relação aos anteriores, pois já tínhamos algumas diretrizes mais bem definidas e atendimento de parte delas e conseguimos observar um grande aprendizado que foi e ainda vai sendo levado para todos os projetos que vieram depois da Obra 2.



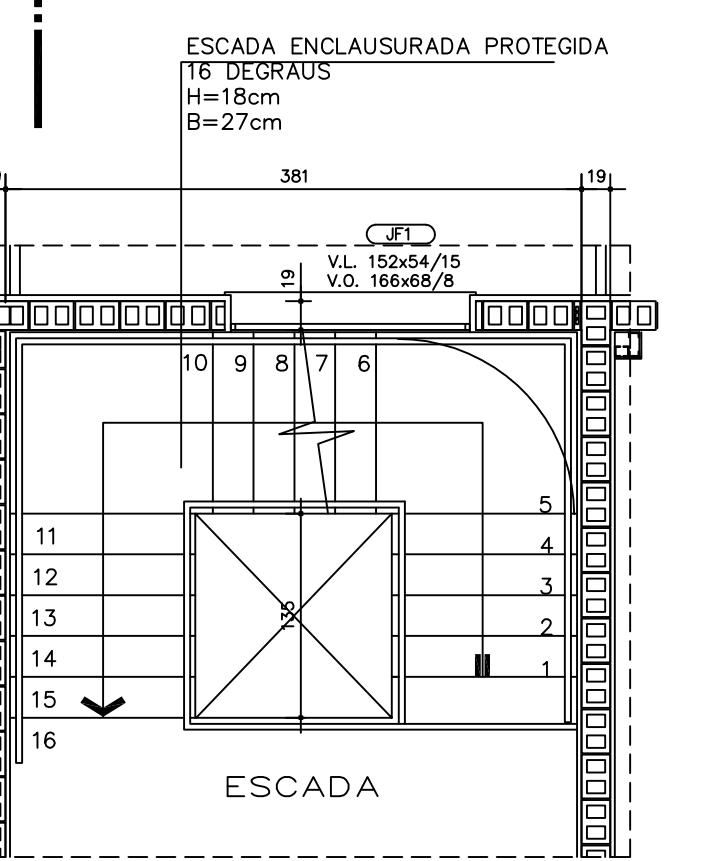
## **ANEXOS**

## ANEXO A – PROJETOS DA OBRA 1



NÍVEIS PAVIMENTOS TIPO  
cota interna - 0,000

8º PAVTO-COTA	87,82
9º PAVTO-COTA	85,70
10º PAVTO-COTA	83,58
11º PAVTO-COTA	81,46
12º PAVTO-COTA	79,34
13º PAVTO-COTA	77,22



PL. BAIXA ESCADA 12º PAV.-13º PAV.  
Escala 1/50

PLANTA BAIXA 8º AO 13º PAVTO - RESIDENCIAL  
Escala 1/50

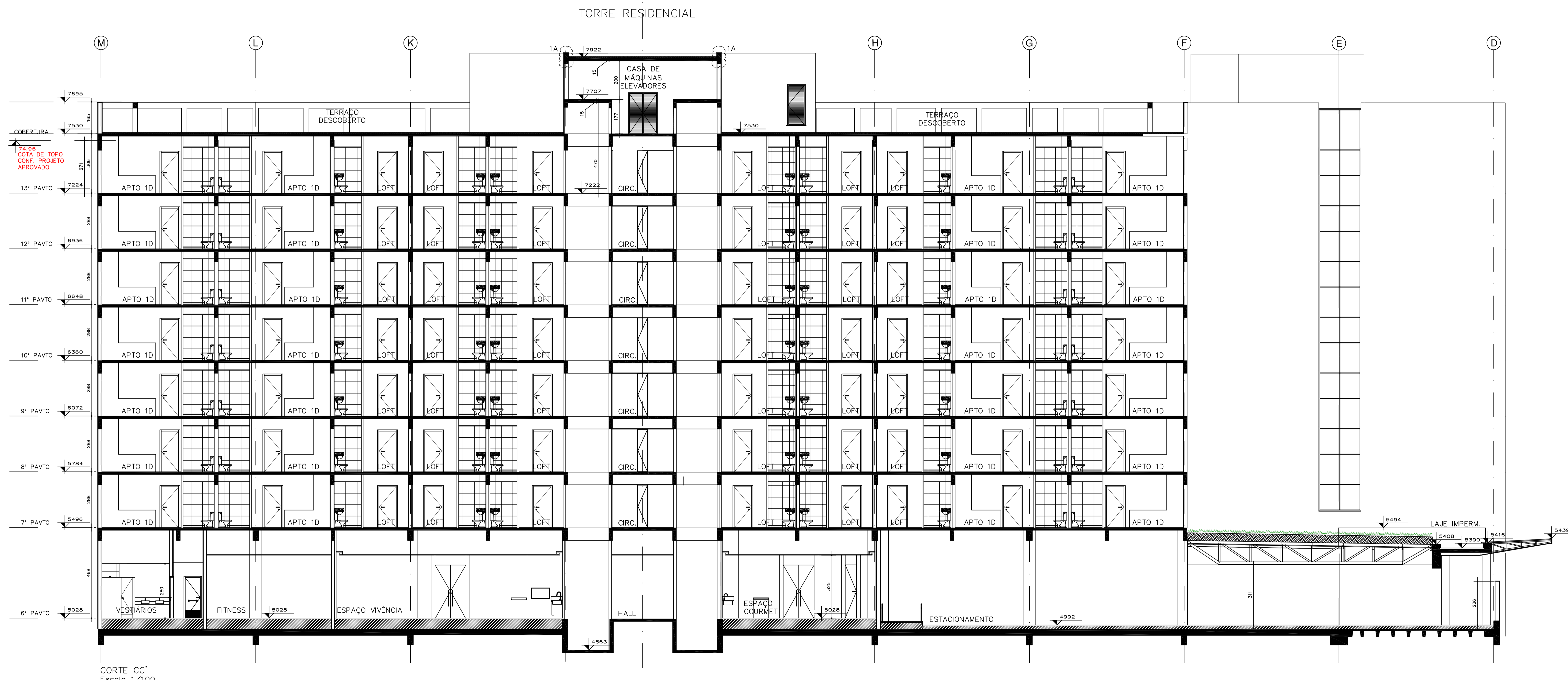
13	05/12/19	INTERNO ANEXO PROJETO LAYOUT/REVISÃO	JARA
12	29/11/19	INTERNO PROJETO LAYOUT/REVISÃO	JARA
11	17/11/19	INTERNO COMPLEMENTOS	JARA
10	12/09/19	ANEXO VIDE #11 INTERNO PROJETO DE BANHO E EVAPORADORA E ANEXO PROJETO BANHO NO LOFT E APIS	JARA/NEVES
09	20/09/19	ANEXO PLANOS BARRAS APIS 01 E 02 ANEXO PLANOS APIS 03 E 04	JARA/NEVES
08	14/09/19	ANEXO ANEXO DE COBERTURA PARA MES E BARRA ANEXO E COMPAT. PAREDES	JARA/NEVES
07	13/09/19	INTERNO ANEXO DE BANHO E APIS	JARA
06	13/09/19	ANEXO PLANIMETRIA APIS 04	JARA
05	29/07/19	ANEXO PLANIMETRIA E ANEXO PLANIMETRIA APIS 03 E 04 COMPLEMENTOS E INTERNO VIG. ESCADARIA	JARA
04	29/07/19	ANEXO PLANIMETRIA E ANEXO PLANIMETRIA APIS 03 E 04 COMPLEMENTOS	JARA
03	27/07/19	ANEXO PLANIMETRIA E ANEXO PLANIMETRIA APIS 03 E 04	JARA
02	13/07/19	ANEXO PLANIMETRIA	JARA
01	01/06/19	COMPLEMENTOS E ANEXO PLANIMETRIA E ANEXO PLANIMETRIA APIS 03 E 04	JARA/NEVES

TCC Luana Variani  
Impacto das incompatibilidades de projeto na execução de edificações:  
como o BIM pode alterar este cenário?



OBRA 1  
PLANTA BAIXA - 8º AO 13º PAV  
TORRE RESIDENCIAL

Escala  
1/50  
Prancha  
TRE-ARO-001-R13



CORTE CC'  
Escala: 1/100

01	06/12/2019	REVISÃO GERAL		PEDRO/SILIA
versão	data	alteração		responsável

TCC Luana Variani  
Impacto das incompatibilidades de projeto na execução de edificações:  
como o BIM pode alterar este cenário?

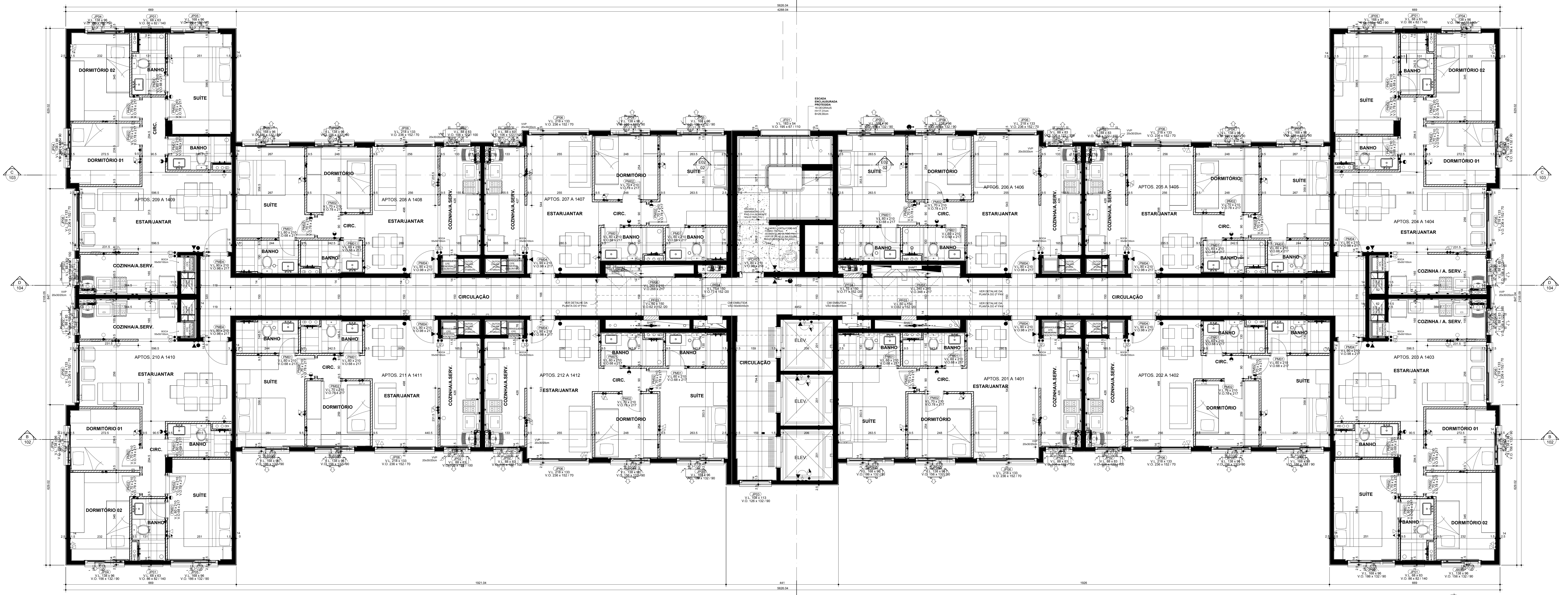
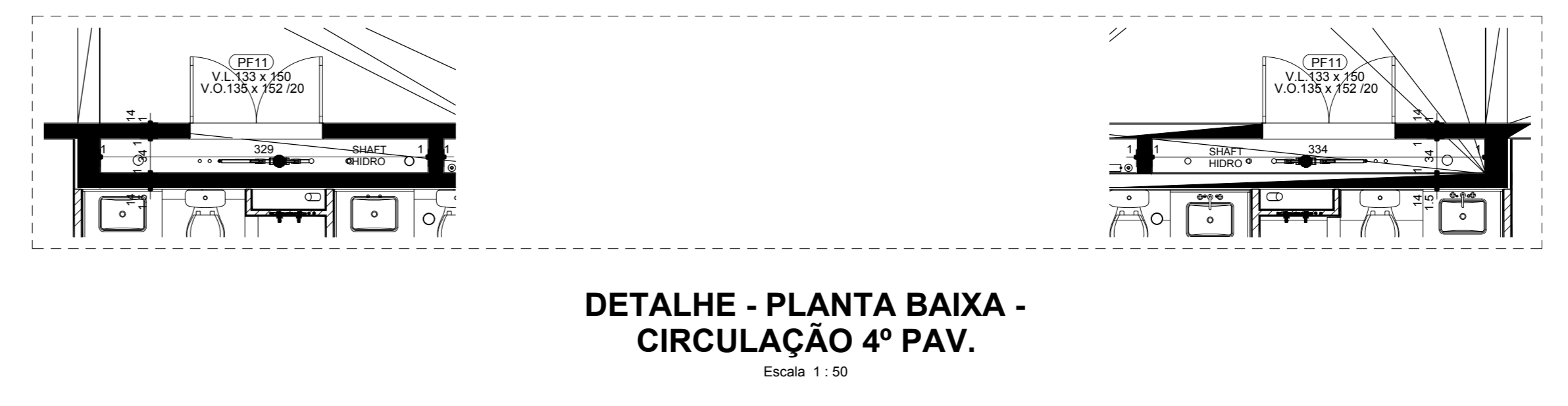
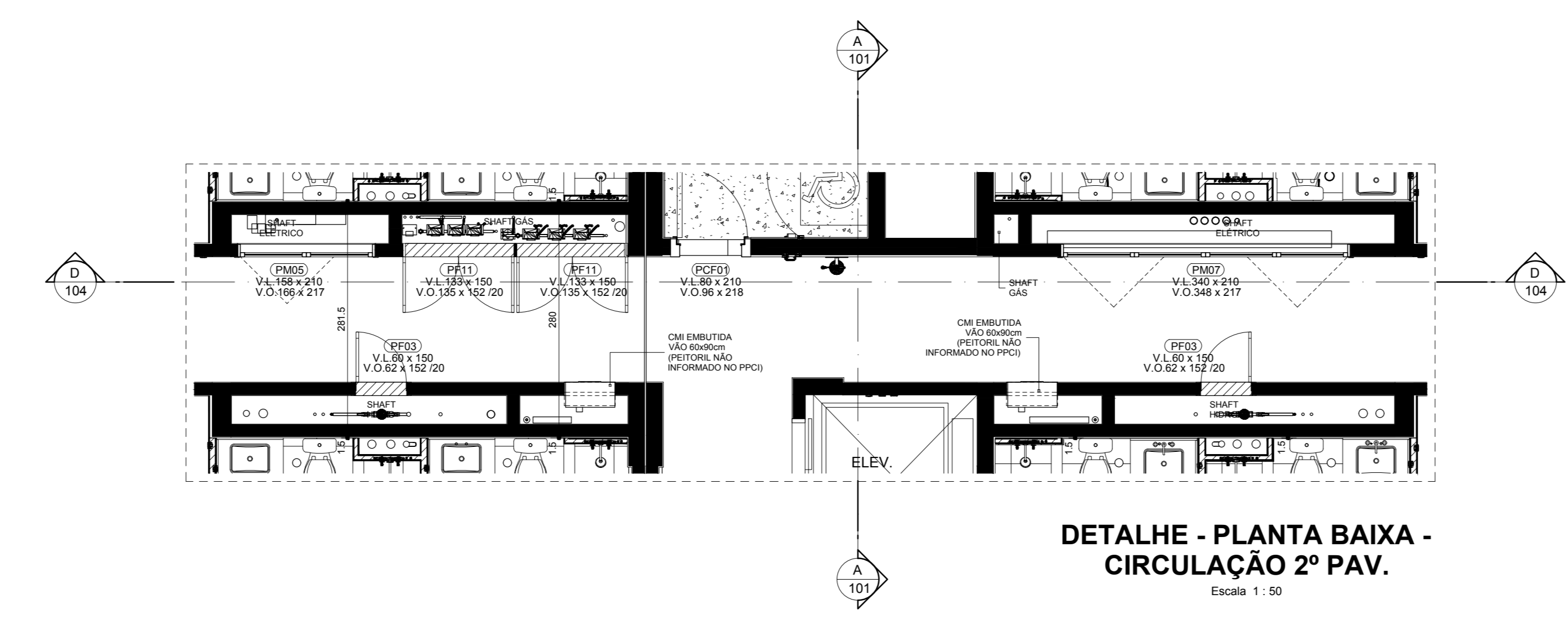
OBRA 1  
CORTE CC' - TORRE RESIDENCIAL

UFRGS

Escala  
1/100

Prancha  
TRE-EX-ARQ  
003B-R01

## ANEXO B – PROJETOS DA OBRA 2

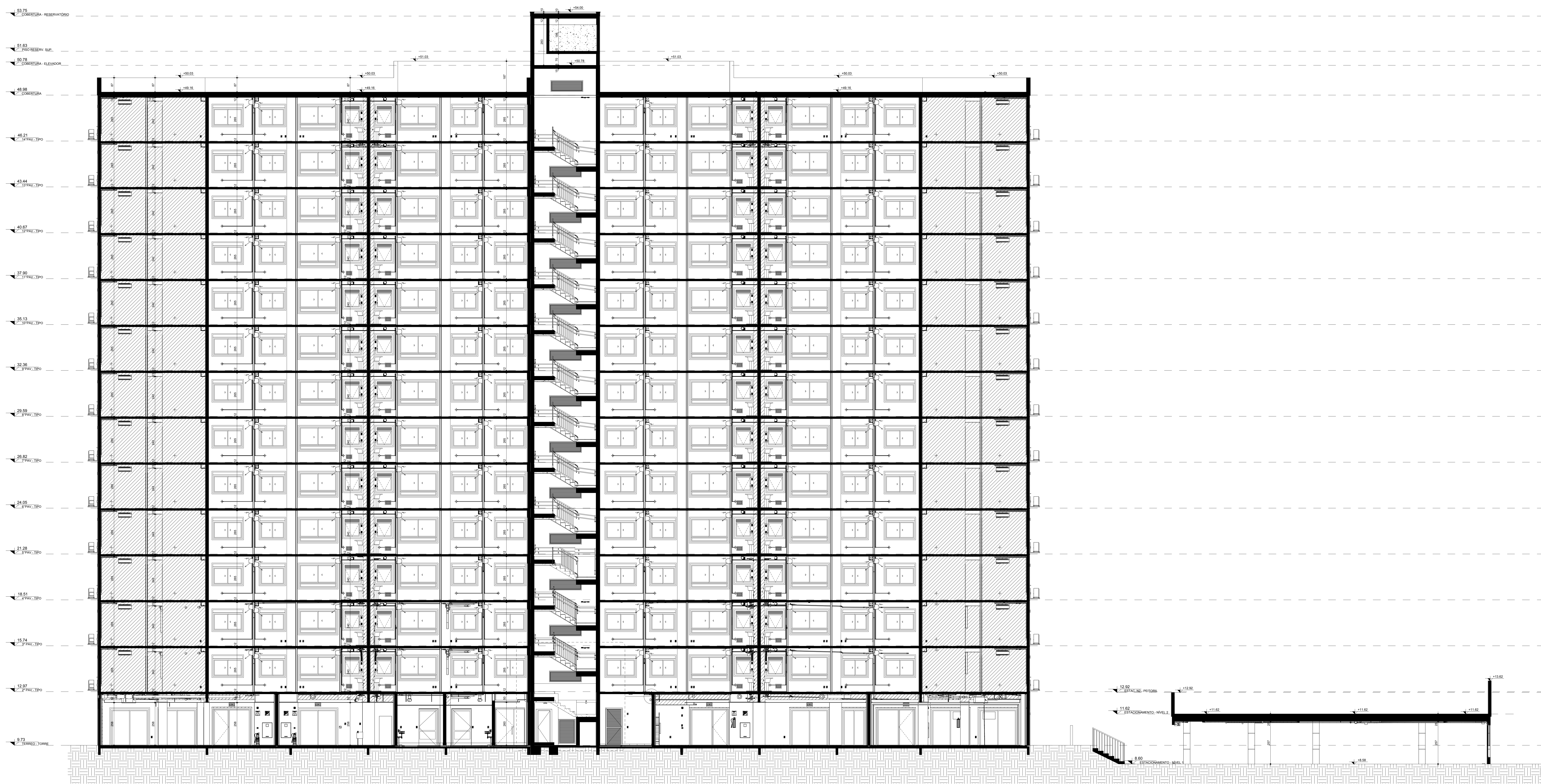


**PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TIPO (2º AO 14º PAV.)**  
Escala 1:50

VERSÃO	MODIFICAÇÕES	RESP.	DATA
R2	REAJUSTE DAS PORTAS DOS ELEVADORES C/FE. PROJETO DE ELEVADORES	LVEIGA	10/09/2020
R1	RETRABALHO ALERTA SOBRE ELICOD DA MODULAÇÃO NA SALA DO APTO. FINAL C/	LVEIGA	04/05/2020
R0	EMISSÃO INICIAL	RESPI	14/04/2020

TCC Luana Variani  
Impacto das incompatibilidades de projeto na execução de edificações: como o BIM pode alterar este cenário?

Escala 1/50  
Planilha EX-ARQ-004-R02



CORTE C  
Escala 1:75

NO	INDICAÇÃO INICIAL	MODIFICAÇÕES	LIVRESA	14.04.2020
VERBAO			RESP.	DATA

TCC Luana Variati  
Impacto das incompatibilidades de projeto na execução de edificações:  
como o BIM pode alterar este cenário?

OBRA 2  
CORTE C

UFRGS

Escala: 1/75

Projeto: EX-ARQ-103 -R00

## ANEXO C – COMPOSIÇÕES ORÇAMENTÁRIAS DA EMPRESA CONSTRUTORA

Subetapa		02.001.002 - ALVENARIAS DE VEDAÇÃO INTERNAS				
Serviço		02.001.002.001 - Alvenaria Bloco Cerâmico 19cm			Unidade	m2
Tipo	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
MO	13069	MOT Execução alvenaria de bloco cerâmico 19 cm	m <sup>2</sup>	1,000000	27,4100	27,4100
MO	14588	Frete de Argamassas	kg	0,000000	0,0500	0,0000
MO	14601	MOT Abastecimento de Alvenarias	m <sup>2</sup>	1,000000	4,1000	4,1000
MC	7780	Bloco Cerâmico Estrutural - 19 x 19 x 04cm	un	0,090000	1,0500	0,0945
MC	7781	Bloco Cerâmico Estrutural - 19 x 19 x 09cm	un	2,100000	1,1000	2,3100
MC	7783	Bloco Cerâmico Estrutural - 19 x 19 x 24cm	un	2,050000	1,4400	2,9520
MC	7784	Bloco Cerâmico Estrutural - 19 x 19 x 29cm	un	11,700000	1,5000	17,5500
MC	7790	Bloco Cerâmico Estrutural - 19 x 19 x 29.21cm	un	0,100000	2,8800	0,2880
MC	7791	Bloco Cerâmico Estrutural - 19 x 19 x 14cm	un	4,050000	1,8500	7,4925
MC	7803	Argamassa de Assentamento e Vedação	kg	0,000000	0,2600	0,0000
MC	10946	Bloco Cerâmico Estrutural - 19 x 19 x 21cm	un	0,690000	1,4400	0,9936
MC	11829	Bloco Cerâmico Estrutural - 19 x 10 x 29.82cm	un	0,100000	2,0100	0,2010
MC	11830	Bloco Cerâmico Estrutural - 19 x 10 x 29.81cm	un	0,050000	2,0100	0,1005
MC	12158	Bloco Cerâmico Meio Horizontal 19 x 09 x 29cm	un	0,060000	1,4400	0,0864
MC	12491	Bloco Cerâmico Estrutural - 19 x 19 x 29.11cm	un	0,100000	2,8800	0,2880
MC	12618	Papel Kraft	Rol	0,017000	57,2000	0,9724
MC	15299	Argamassa Estabilizada	m <sup>3</sup>	0,017000	298,3200	5,0714
SE	8660	Tela de Ancoragem Alvenarias 7x50	m	0,300000	3,8688	1,1606
<b>Total</b>						<b>71,0709</b>
<b>Total orçado</b>				<b>1,0000</b>		<b>71,07</b>

Serviço		02.001.001.007 - Encunhamento/Argamassa Expansiva Interno			Unidade	m
Tipo	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
MO	13118	MOT Execução de encunhamento	m	1,000000	4,6200	4,6200
MO	14588	Frete de Argamassas	kg	7,000000	0,0500	0,3500
MC	7805	Argamassa de Encunhamento	kg	7,000000	0,3400	2,3800
<b>Total</b>						<b>7,3500</b>
<b>Total orçado</b>				<b>1,0000</b>		<b>7,35</b>

Serviço		01.001.001.003 - Formas de Concreto Armado - Lajes 12x			Unidade	m <sup>2</sup>
Tipo	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
MC	655	Desmoldante de formas para concreto	l	0,020000	9,3600	0,1872
MC	7094	Sarrafo 2,5x7cm	m	0,090000	4,3200	0,3888



MC	7096	Caibro 5 x 7 cm	m	0,090000	8,6400	0,7776
MC	7875	Prego c/cabeça 17x27	kg	0,200000	6,5000	1,3000
MC	8319	Compensado Resinado 12mm	pç	0,000000	62,1200	0,0000
MC	8575	Sarrafo 2,5x5cm	m	0,090000	2,8700	0,2583
MC	9132	Compensado Plástico 18mm	pç	0,048780	108,6100	5,2980
MC	9895	Compensado Resinado 14mm	pç	0,000000	77,6300	0,0000
MC	12520	Isopor e=5cm	pç	0,000000	7,2800	0,0000
					<b>Total</b>	<b>8,2099</b>
<b>Total orçado</b>				<b>1,0000</b>		<b>8,21</b>

<b>Subetapa</b>		01.002.001 - ARMAÇÃO CA50/60				
<b>Serviço</b>		01.002.001.001 - Armadura CA50/60 - 10 mm			<b>Unidade</b>	kg
<b>Tipo</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço total</b>
MO	13041	MO de corte e dobra de aço CA 50/60	kg	1,020000	0,4400	0,4488
MO	13046	MOT de montagem de aço CA50/60	kg	0,000000	2,0000	0,0000
MC	00674	Aço CA 50 10mm	kg	1,020000	3,6900	3,7638
MC	07014	Arame Recozido Bitola 10	kg	0,040000	5,9300	0,2372
MC	10035	Protetor Plástico para Espera de Ferro	un	0,690000	0,1900	0,1311
MC	15336	Espaçador circular 25mm p/ aço 4,2 a 12,5mm	un	0,740000	0,0700	0,0518
					<b>Total</b>	<b>4,6327</b>
<b>Total orçado</b>				<b>1,0000</b>		<b>4,63</b>

<b>Subetapa</b>		01.003.001 - CONCRETO				
<b>Serviço</b>		01.003.001.001 - Concreto Pré-Misturado MPA 40 com bomba Slump 10+-2 BR 0/1			<b>Unidade</b>	m3
<b>Tipo</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço total</b>
MO	13042	MOT Taxa de bombeamento de concreto	m³	1,100000	30,0000	33,0000
MC	85	Cimento Portland CPIV	kg	1,700000	0,5320	0,9044
MC	15449	Aditivo Cristalizante para Concreto	m³	0,000000	60,0000	0,0000
MC	15586	Concreto 40 MPa / Slump 10+-2 BR 0/1	m³	1,100000	330,0000	363,0000
					<b>Total</b>	<b>396,9044</b>
<b>Total orçado</b>				<b>1,0000</b>		<b>396,90</b>

<b>Serviço</b>		01.004.001.001 - Mão de Obra de Execução de Concreto Armado			<b>Unidade</b>	m3
<b>Tipo</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço total</b>
MO	13059	MOT Execução de concreto armado	m³	1,000000	575,0000	575,0000
					<b>Total</b>	<b>575,0000</b>
<b>Total orçado</b>				<b>1,0000</b>		<b>575,00</b>

<b>Serviço</b>		11.001.001.012 - Sanca (2 Faixas)			<b>Unidade</b>	m
----------------	--	-----------------------------------	--	--	----------------	---

<b>Tipo</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço total</b>
MO	14636	MOT Faixa em Gesso	m	2,000000	12,0000	24,0000
MC	14635	Faixa de Gesso	m	2,000000	15,0000	30,0000
<b>Total</b>						<b>54,0000</b>
<b>Total orçado</b>				<b>1,0000</b>		<b>54,00</b>

**ANEXO D – PRAZOS PARA CONTRATAÇÕES (PADRÃO DA  
CONSTRUTORA)**

<b>PRAZOS PARA CONTRATAÇÃO</b>	<b>Prazo Fornecedor (dia)</b>	<b>Prazo Negociação (dia)</b>	<b>Prazo Contrato Assinado (dia)</b>	<b>PRAZO TOTAL</b>
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	15	40	20	<b>75</b>
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	15	40	20	<b>75</b>
SUPRA ESTRUTURA DE CONCRETO	10	20	15	<b>65</b>
INFRAESTRUTURA DE CONCRETO	10	15	10	<b>35</b>
FECHAMENTOS EM DRY WALL - PAREDES E FORROS	20	60	20	<b>100</b>
SERRALHERIA	30	30	20	<b>80</b>
FURAÇÕES EM CONCRETO	10	15	NA	<b>25</b>
MÃO OBRA BRUTA (ALVENARIA + REBOCO INTERNO)	10	30	15	<b>65</b>