



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Higor Arruda Pereira

ESTUDO DE CASO PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO
UMA FERRAMENTA BIM COM FOCO NA INTEGRAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA E
AS INSTALAÇÕES PREDIAIS

Palmas – TO

2021

Higor Arruda Pereira

ESTUDO DE CASO PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO
UMA FERRAMENTA BIM COM FOCO NA INTEGRAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA E
AS INSTALAÇÕES PREDIAIS

Trabalhado elaborado e apresentado como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Roldão Pimentel de Araújo Junior

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roldão Pimentel de Araújo Junior
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.Sc Fernando Moreno Suarte Júnior
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.Sc Hider Cordeiro de Moraes
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2021

RESUMO

PEREIRA, Higor Arruda. Estudo de caso para a compatibilização de projetos utilizando uma ferramenta bim com foco na integração entre a estrutura e as instalações prediais. 2021. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2021.

O presente trabalho discute a compatibilização de projetos com uso da metodologia Bim (Building Information Modeling), relevante na intergração entre o trabalho colaborativo na construção civil. Em função da notória evolução tecnológica das últimas décadas, o processo construtivo exige inovação, otimização e eficiência no ciclo de vida dos projetos. Nesse contexto, busca-se medidas que abrangem todo o prisma deste processo, uma vez que medidas paliativas ou corretivas não são bem vindas nos padrões orçamentários das obras atualmente. Portanto, este trabalho visa realizar um estudo de caso de compatibilização dos projetos arquitetônico e de engenharia de um edifício de quatro pavimentos, utilizando ferramentas BIM (Building Information Modeling), com foco em soluções para incompatibilidades entre os projetos e avaliação da influência da não utilização da metodologia. O método de estudo deste trabalho é através de pesquisas bibliográficas do tipo qualitativa descritiva e estudo de caso na compatibilização do uso da ferramentas BIM em projetos da construção civil. A partir da modelagem desenvolvida neste estudo espera-se elucidar quais são as soluções mais exequíveis e econômicas no que tange a integração entre os projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais na construção de edifícios em múltiplos pavimentos, bem como suas influências no custo global.

Palavras-chave: Projeto. Bim. Software. Construção Civil. Instalações. Orçamento. Custo.

ABSTRACT

This paper discusses the compatibility of projects using the Bim (Building Information Modeling) methodology, which is relevant in the integration of collaborative work in civil construction. Due to the notorious technological evolution of the last decades, the construction process requires innovation, optimization and efficiency in the life cycle of projects. In this context, measures that cover the entire prism of this process are sought, since palliative or corrective measures are not welcome in the budget standards of works currently. Therefore, this work aims to carry out a case study of the compatibility of architectural and engineering projects of a four-story building, using BIM (Building Information Modeling) tools, focusing on solutions for incompatibilities between projects and evaluating the influence of non-use of methodology. The method of study of this work is through descriptive qualitative bibliographic research and case study of compatibilization of the use of BIM tools in civil construction projects. From the modeling developed in this study, it is possible to elucidate which are the most feasible solutions and improvements regarding the integration between architecture, structure and building installation projects in the construction of multi-storey buildings, as well as their influence on the overall cost.

Keywords: Project. Good. Software. Construction. Installations. Budget. Cost.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Compatibilização em CAD (2D).....	20
Figura 2 - Compatibilização em BIM (3D).....	20
Figura 3 - O BIM e o ciclo de vida da edificação.....	21
Figura 4 - Diferentes projetos modelados em BIM e integrados através do IFC.	23
Figura 5 - Fluxo de integração entre algumas plataformas BIM	24
Figura 6 - Integração dos produtos da empresa para os projetos de instalações.....	28
Figura 7 - Análise de interferências na ferramenta QiBuilder.	28
Figura 8 - Geração da nota BCF na ferramenta QiBuilder	29
Figura 9 - Execução de modelados em BIM.....	30
Figura 10 - Integração entre QiBuilder e Eberick para avaliação das interferências.....	30
Figura 11 - Planta baixo do edifício do estudo	31
Figura 12 - Entrada de projeto.....	33
Figura 13 - Localização de conflitos no Qibuilder	35
Figura 14 - Perspectiva 3D do projeto do estudo	37
Figura 15 – Principais interferências de projeto entre estrutura e sanitário.....	39
Figura 16 - Interferências adequadas com a estrutura	40
Figura 17 - Interferências entre pilar x tubulação de esgoto.....	40
Figura 18 - <i>Shaft</i> previsto na concepção arquitetônica	41
Figura 19 - Tubulação passando pelas vigotas das lajes em um estudo não compatibilizado	41
Figura 20 - Pontos de algumas das tubulações que cruzariam as vigotas das lajes em um estudo não compatibilizado.....	42
Figura 21 - Situações de erros em tubulação X laje.....	43
Figura 22 - Interferências entre tubulações e vigas do projeto de estudo.....	44
Figura 23 - Viga detalhada com armaduras adicionais na região da abertura...	46
Figura 24 - Furo com distância mínima lateral não atendida.	46
Figura 25 - Interferências entre elétrico x sanitário	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Ciclo de vida de um projeto em macro etapas.....	15
Gráfico 2 - Progressão de custo para intervenção em um edifício.....	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do Processo de Projeto por diferentes autores.....	16
Quadro 2 - Checklist de compatibilização de projetos.	18
Quadro 3 - Revisão Bibliográfica técnica.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	Building Information Modeling (Modelagem de informações de construção)
NBR	Norma Brasileira
PIB	Produto Interno Bruto
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
CAD	Computer-aided design (Desenho Assistido por Computador)
BCF	BIM Collaboration Format (formato de colaboração BIM)
IFC	Industry Foundation Classes (Classes da Fundação da Indústria)
DWG	Extensão de arquivos de desenho em 2D e 3D nativa do software AutoCAD
TUE	Tomada de Uso Específico
TUG	Tomada de Uso Geral
EPS	Sigla internacional para o Poliestireno Expandido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo Geral.....	12
1.1.2 Objetivos Específicos.....	12
1.2. JUSTIFICATIVA	13
1.2.1 Problema da Pesquisa.....	13
2 REVISÃO BOBLIOGRÁFICA	14
2.1 PROJETO	14
2.2 O PROCESSO PROJETUAL E SUAS INFLUÊNCIAS	15
2.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	17
2.3.1 Referências Técnicas.....	19
2.4 TECNOLOGIA BIM	20
2.4.1 Dimensões do BIM	22
2.4.2 Interoperabilidade através do IFC.....	23
2.5 INFLUÊNCIA DA METODOLOGIA BIM EM ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	25
2.6 SOFTWARE BIM ALTOQI QIBUILDER.....	27
2.7 SOFTWARE BIM ALTOQI EBERICK.....	29
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 CONCEPÇÃO	33
3.2 VERIFICAÇÃO	34
3.3 CORREÇÃO	35
4 RESULTADOS.....	37
4.1 INCOMPATIBILIDADES	37
4.1.2 DETECÇÃO POR RELATÓRIO DE INTERFERÊNCIAS	38
4.1.3 PILARES X TUBULAÇÃO	38
4.1.4 LAJES X TUBULAÇÃO.....	40
4.1.5 VIGAS X TUBULAÇÃO.....	44
4.1.6 TUBULAÇÃO X TUBULAÇÃO	46
4.1.7 IMPACTOS NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS	47
5 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA	48
5.1 ORÇAMENTO	48
6 CONCLUSÕES.....	52

REFERÊNCIAS	54
ANEXO – PLANTA BAIXA	58

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil no Brasil vem passando por uma notória transformação nas últimas décadas. Esta, por sua vez, acontece à medida que surgem novos softwares, com metodologias modernas de elaboração de projetos, bem como novas técnicas construtivas mais ágeis e eficientes, que buscam minimizar e reutilizar os resíduos da construção civil e, cada vez mais, atendem às condições de segurança do trabalho (COSTA, 2013).

A principal tecnologia que está alavancando estas transformações é a metodologia BIM. Apesar de ser um termo relativamente novo no Brasil, o conceito de BIM existe desde a década de 70 e pode ser resumido como o processo de criar e usar modelos digitais para projeto, construção e/ou operação (McGraw Hill, 2008). BIM é um acrônimo para Building Information Modeling ou, ainda, Modelagem da Informação da Construção e é uma das grandes tendências da atualidade. O BIM é definido por Eastman et al. (2014, p.13) como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”. Eastman et al. (2014, p. 13) também cita alguns benefícios, como: visualização antecipada e mais precisa de um projeto, correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto, geração de desenhos 2D e 3D precisos e consistentes em qualquer etapa de projeto e colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto.

O setor de construção civil, mais especificamente o subsetor de Edificações, possui várias particularidades que o tornam especial, dentre elas destacam-se as múltiplas instalações prediais que, em conjunto, são essenciais para proporcionar um bom desempenho da edificação em função do bem estar dos moradores. Para isso, é necessário antecipar e mitigar os problemas de execução da obra. Segundo Moraes et al. (2012), as dificuldades encontradas na fase de projetos podem causar prejuízos irreparáveis tanto para o projetista quanto à construtora, sendo então importante o entendimento entre as partes envolvidas.

Devido a variedade de disciplinas, é necessária uma coordenação de projeto mais integrada, visto que a falha de comunicação entre eles pode causar, dentre outros fatores, o aumento de custo no produto final e, conseqüentemente, o descontentamento do cliente, frustrando, assim, suas expectativas. Nesse contexto, surge a compatibilização de projetos.

Mikaldo (2008) define a compatibilização de projetos como sendo uma ação que os tornam compatíveis, levando a soluções integradas, tornando o empreendimento executável. Já Callegari (2007) explana que a compatibilização consiste na ação do gerenciamento e integração dos projetos, tendo como objetivo a sincronização entre os mesmos, eliminando os conflitos entre os projetos relacionados a determinada obra, simplificando a execução, otimização e utilização de materiais, tempo e mão de obra, bem como as posteriores manutenções.

Desta forma, objetiva-se nesta pesquisa demonstrar os benefícios que a metodologia BIM possui quando aplicada na fase de planejamento, ou seja, na compatibilização de um projeto arquitetônico com os projetos de engenharia, demonstrando quantitativamente e qualitativamente a redução de incompatibilidades de uma edificação com o uso de softwares que executem a interoperabilidade dos projetos em formato BIM.

Trata-se de um empreendimento residencial multifamiliar. O edifício possui quatro pavimentos tipo e o reservatório. Cada pavimento tipo tem 4 apartamentos e área total de 216,51 m², totalizando 649,53 m². Acredita-se que os resultados apresentados neste estudo possam auxiliar o desenvolvimento de projetos executivos no estado do Tocantins, diminuindo os custos das obras da região.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa realizar um estudo de caso de compatibilização dos projetos arquitetônico e de engenharia de um edifício de quatro pavimentos, utilizando ferramentas BIM (*Building Information Modeling*), com foco em soluções para interferências entre os projetos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar soluções para os conflitos entre arquitetura, instalações prediais e os elementos estruturais com menor interferência possível nos elementos estruturais através de uma plataforma BIM;
- Avaliar se as soluções identificadas através da plataforma BIM estão de acordo com as normas vigentes e com as boas práticas de economia e durabilidade;
- Quantificar os custos de resolução das interferências com e sem estudo prévio em projeto e elaborar o orçamento da estrutura em ambas as situações;
- Estimar, a partir dos dados obtidos, a influência de cada situação proposta no item anterior no que tange ao custo de execução da obra.

1.2. JUSTIFICATIVA

Segundo a Fundação Getúlio Vargas (FGV), no Brasil, apenas 9,2% das empresas da construção civil utilizam a ferramenta BIM, o que corresponde a 5% do PIB do setor, abaixo dos países desenvolvidos, como o Reino Unido em que é exigido desde 2016 que todos os fornecedores comprovem o uso do BIM nível 2 (modelagem e interoperabilidade) em obras públicas, impulsionando o aumento nas atividades em BIM em 37% no país (CAMPOS, 2015).

Em maio de 2018, o Governo Federal Brasileiro através do Decreto nº 9.377, oficializou a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, onde valoriza e incentiva o investimento da tecnologia no país. Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), tem-se uma expectativa de aumento de 10% de produtividade mínima no setor de projetos e de uma redução de custos de até 20% na execução das obras.

1.2.1 Problema da Pesquisa

Além da importância do uso dos softwares paramétricos, em especial do modelo BIM, é importante destacar que diversos especialistas citam as dificuldades encontradas para a adoção destes softwares pelos escritórios de projeto do Brasil, tais como: a escassez de mão de obra especializada, a resistência à mudança, o alto investimento com máquinas e treinamento (SOUZA, 2009).

Segundo Vergas e Beiza (2012), dentre os problemas identificados por um estudo feito no Chile, destacam-se: o baixo nível de envolvimento dos clientes e contratantes, lacunas em relação ao uso do BIM como um documento contratual, o nível de desorganização que existe na indústria da construção, barreiras econômicas para empresas e escritórios de pequeno porte e a falta de programas de treinamento que sejam apropriadas as reais necessidades da indústria.

Portanto, para fazer a implantação de uma metodologia de concepção de projeto, é necessário traduzir para conceitos práticos os processos ora complexos e, ainda, traçar caminhos mais eficientes no desenvolvimento. Então, tem-se o seguinte questionamento: como resolver os maiores gargalos na fase de compatibilização de projeto, através da metodologia BIM, de forma produtiva e o quanto a não resolução deles nesta etapa influenciam no custo final da obra?

2 REVISÃO BOBLOGRÁFICA

2.1 PROJETO

O projeto, na construção civil, é de fundamental importância para a qualidade, a sustentabilidade e para eficiência dos processos nos empreendimentos. É nesta fase que se tomam as decisões que trazem maior repercussão nos custos, velocidade de execução e qualidade. Diversos estudos apontam os projetos como responsáveis por mais da metade das patologias que ocorrem nos edifícios, enfatizando sua importância.

Existem inúmeros conceitos e definições de projetos. De acordo com FIERGS / CIERGS (1999), a maioria das conceituações de projeto está ligada ao procedimento ou prática de projetar como criação, sendo possível encontrar definições com um ponto de vista mais voltado aos resultados do mesmo.

Outros conceitos podem ser incorporados a esses, mas em relação a edifícios, é necessário extrapolar a visão do produto ou da sua função. Neste caso o projeto deve ser encarado também sob a ótica do processo, ou atividade de construir, principalmente sob a ótica da informação, a qual pode ser de natureza tecnológica ou gerencial.

Na definição da NBR 5674 (ABNT, 1999), o projeto é conceituado como “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”.

O projeto deve ser capaz de subsidiar as atividades de produção em canteiros de obras com informações de alto nível que não poderiam ser igualmente geradas no ambiente de obra; a partir de um bom projeto, torna-se possível elaborar um planejamento e uma programação mais eficientes, assim como um programa efetivo de controle da qualidade para materiais e serviços (Neder, 2010, p. 29)

É na fase do projeto onde todo empenho do profissional encarregado é de suma importância, pois é nesta fase que os erros podem ser evitados, descartando erros de construção e retrabalho, eliminando o desperdício e influenciando o custo global da edificação.

2.2 O PROCESSO PROJETUAL E SUAS INFLUÊNCIAS

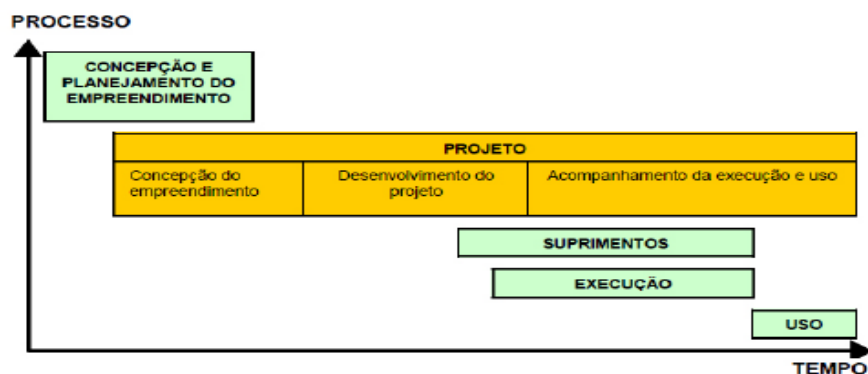
Para que um ciclo de vida de um projeto seja eficiente, é necessário definir todas as etapas as quais profissionais de áreas diferentes da fase de concepção irão incorporar seus trabalhos formar toda a conjuntura do empreendimento.

De acordo com Rego (2001), a projeção é um processo onde as naturezas cognitivas e criativas convergem de maneira singular. O ato de projetar é por essência uma criação através do domínio do conhecimento específico de uma área do saber. Na arquitetura, esse conhecimento é multidisciplinar e até subjetivo, o que torna a relação entre criação e cognição algo ainda mais evidenciado. Para Ávila (2011), a projeção é a fase de planejamento, projeção, simulação da realidade a ser construída, servindo como referência para sua execução.

Para cada produto a ser entregue, esses profissionais tomam decisões em relação a quais são os recursos necessários para realizá-lo no canteiro de obras (mão de obra, materiais, equipamentos, ferramentas etc.), como devem ser esses canteiros, quais os custos dos recursos, quais as produtividades para realizar os serviços, como deve ser realizado aquele serviço, qual a sequência construtiva das atividades etc. (CAMPESTRINI et al. 2015, p.15).

Segundo Fabrício (2002), o processo de projeto envolve todas as decisões e formulações que visam subsidiar a criação e a produção de um empreendimento, indo da montagem da operação imobiliária, passando pela formulação do programa de necessidades e do projeto do produto até o desenvolvimento da produção, o projeto “asbuilt” e a avaliação da satisfação dos usuários com o produto, como mostra o gráfico 1.

Gráfico 1 - Ciclo de vida de um projeto em macro etapas.



Fonte: Arancibia (2005, p14).

Portanto, todas as variáveis do empreendimento devem ser exploradas ao longo seu desenvolvimento, abrangendo as diversas soluções em relação as suas decisões técnicas. Para isso, é necessário processos e etapas bem definidos em função da eficiência no planejamento de uma obra. No quadro 1, está descrito as etapas de projetos por diferentes autores.

Quadro 1 - Etapas do Processo de Projeto por diferentes autores.

NBR 13531 (1999)	Melhado (2005)	Tzortzopoulos (1999)	Rodríguez e Heineck (2002)
Levantamento	Idealização	Planejamento e concepção do empreendimento	Planejamento e concepção do empreendimento
Programa de necessidades			
Estudos de viabilidade			
Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar
Anteprojeto	Anteprojeto	Anteprojeto	Anteprojeto
Projeto legal	Projeto legal	Projeto legal	Projeto legal
Projeto para execução	Projeto para produção	Projeto executivo	Projeto executivo
Acompanhamento de obra	Acompanhamento do planejamento e execução	Acompanhamento de obra	Acompanhamento de execução e uso

Fonte: Volpato. (2015, p18).

Embora não haja uniformidade entre os diferentes autores no que tange as etapas do processo de projeto, é possível notar que todos seguem basicamente o mesmo padrão: a iniciar pela concepção e planejamento do empreendimento, seguido pelo aumento do grau de detalhamento dos projetos e, por fim, o acompanhamento da execução e uso.

Portanto, a fase de projeto desempenha um papel muito relevante na construção civil, uma vez que possibilita o mapeamento das probabilidades pré-execução, bem como, o aprimoramento de métodos executivos e a detecção de problemas, falhas e patologias, permitindo a redução de desperdícios e maximizando os ganhos financeiros (SOUSA JUNIOR;MAIA;CORREIO,2014).

De acordo com Tavares Junior (2001), a fase de projeto exerce grande influência no custo final da obra, uma vez que ainda há muitas alternativas e soluções para o empreendimento e os custos gerados ainda são baixos.

2.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Os projetos que irão compor a obra, geralmente são feitos por diversos projetistas isoladamente, aumentando muito a probabilidade de interferências durante a fase executiva da construção. Para solucionar, as providências são geralmente tomadas de forma breve, sem um devido estudo do caso e podendo não ser a solução mais adequada. Essa prática do uso da compatibilização de projeto, que é a análise de interferências físicas na edificação entre as várias especialidades, faz-se necessária para qualquer construção.

A compatibilização é ferramenta fundamental no processo de desenvolvimento dos projetos, detectando e eliminando problemas ainda na fase de concepção, reduzindo retrabalhos, o custo da construção e prazos de execução, qualificando o empreendimento e aumentando sua competitividade frente ao mercado (ÁVILA, 2018 p 10).

Segundo Tavares Junior (2001), a “compatibilização de projetos torna-se uma ferramenta necessária para a melhoria da qualidade do projeto pela eliminação das não-conformidades apresentadas pelos mesmos”.

Picchi (1993), afirma que a compatibilização de projetos está baseada na prática de detectar interferências através da sobreposição, além de organizar reuniões com os projetistas e a coordenação envolvida, com o propósito de resolver as contrariedades.

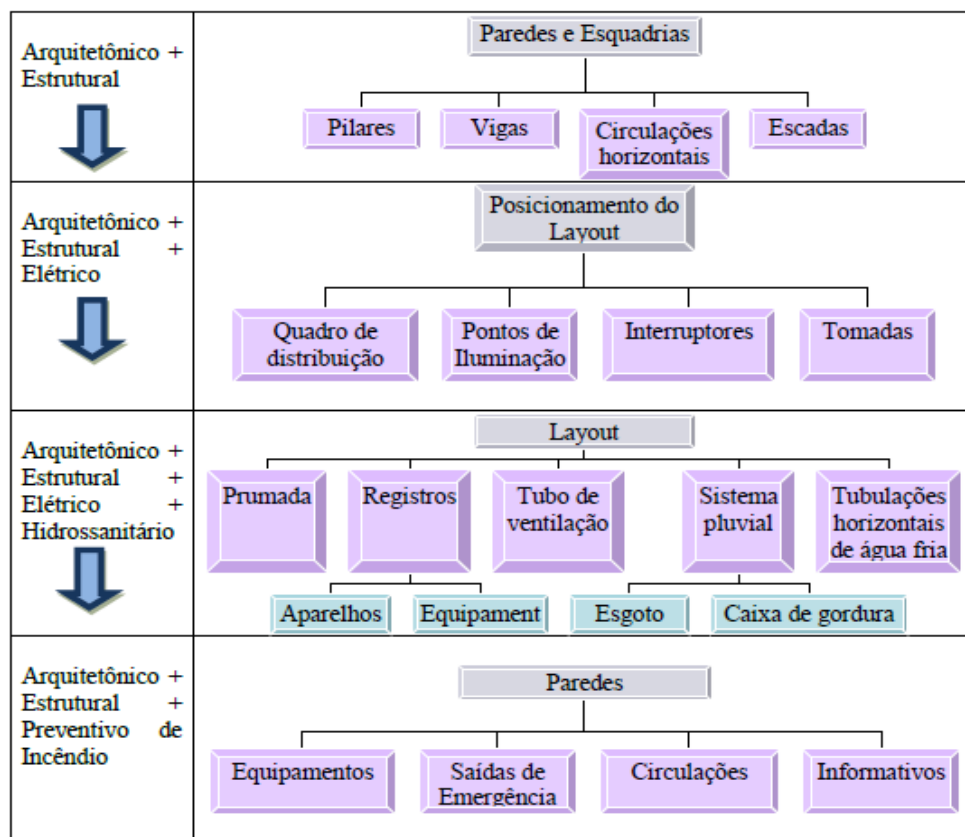
Para Nascimento (2014), a ausência dessa compatibilização acarreta perda na construção civil que acontece com frequência e é em sua maioria ligada ao desperdício de materiais. Entretanto, a questão não está atrelada apenas a perda de material, devendo ser considerada, ainda, máquinas, equipamentos, mão de obra e capital gasto além do necessário para a construção do empreendimento.

Neste caso, as perdas incluem tanto a incidência de gasto de material quanto à realização de trabalhos inúteis que acarretam em custos extras e não oferecem valor final. Essas perdas são decorrência de um processo de baixa qualidade, que apresenta como resultado não só um aumento de custos, como também uma peça final de má qualidade. Às vezes causadas por processos que poderiam ser evitados fosse um estudo mais vasto na formação dos projetos e fossem seguidos de uma compatibilização correta.

Melhado (2005) conclui que o processo de projeto tradicional secciona as diversas disciplinas que geram um produto final, onde os projetistas trabalham somente dentro de suas especialidades, sem se atentar para a visão macro do desenvolvimento do projeto e seus impactos nas diversas disciplinas, gerando um produto final com pouca qualidade.

Para Mikaldo Jr. (2006), a separação do projetista dos trabalhos executados na obra nos últimos anos é um dos fatores mais preponderantes que fizeram surgir a necessidade de compatibilizar e coordenar projetos.

Quadro 2 - Checklist de compatibilização de projetos.



Fonte: Giacomelli (2014)

De acordo com Bortolotto (2014), o benefício de compatibilização projeto de determinado empreendimento passa por um maior grau de acerto, pois o esclarecimento das informações, a detecção da incompatibilidade, são identificados previamente pelo software.

Segundo Santos (2012), os benefícios do BIM são amplos e variados, essencial bom planejamento e sua implantação, apresentam diferentes formas de elementos que podem ser alcançados.

2.3.1 Referências Técnicas

O desenvolvimento do estudo é baseado majoritariamente em normas técnicas da ABNT, conforme o quadro 3. Para cada disciplina de projeto, reuniu-se um conjunto de normas que guiam a elaboração do mesmo. Tais mesmas fornecem dados de projeto, desempenho mínimo, metodologia de dimensionamento, entre outras especificações e regulamentações.

Quadro 3 - Revisão Bibliográfica técnica.

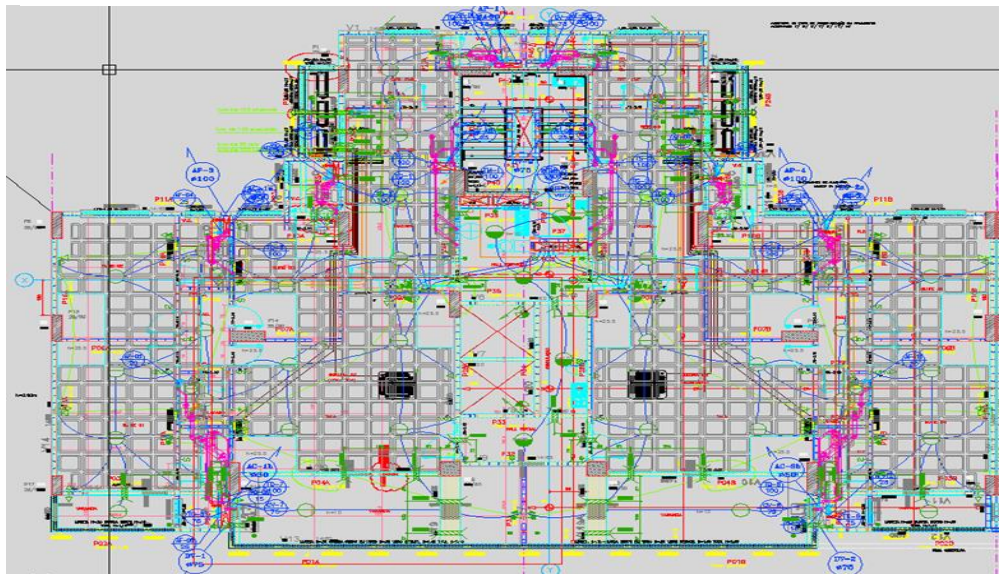
ÁREA	BIBLIOGRAFIA
Estrutural	NBR 6118 – Projeto de estrutura de concreto
	NBR 6120 – Cargas para o cálculo de edificações
Hidrossanitário	NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais
	NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e Execução
	NBR 5626 – Instalações prediais de água fria
	NBR 7198 – Projeto e Execução de Instalações prediais de água quente
Elétrico	NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão
	NBR 5419 – Proteção contra descargas atmosféricas
	CEEE – RIC BT– Regulamento de Instalações Consumidoras em Baixa Tensão

Fonte: Próprio Autor (2020).

2.4 TECNOLOGIA BIM

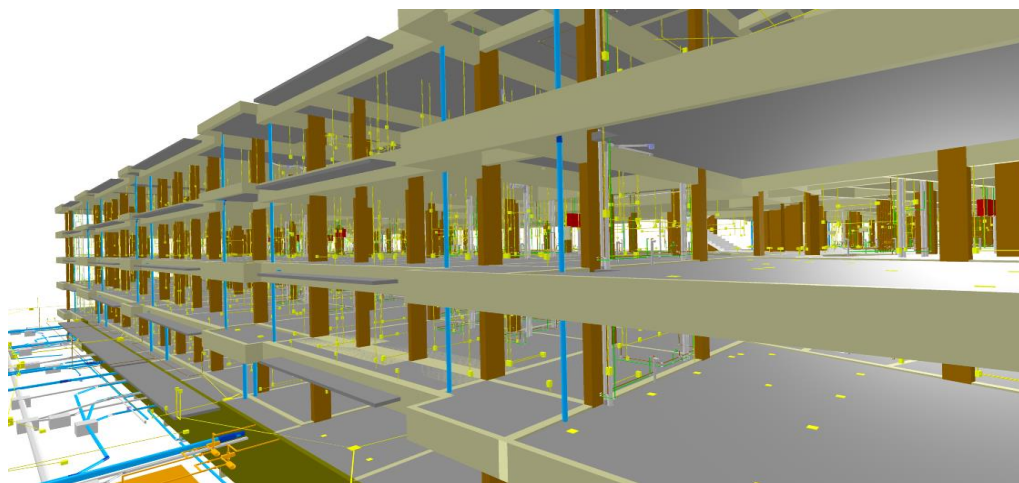
A tecnologia BIM (sigla em inglês para Building Information Modeling) está cada vez mais presente no setor de construção, principalmente por sua capacidade de solucionar problemas enfrentados há muitos anos nessa indústria. Traduzida para o português, a Modelagem de Informação da Construção une as informações e os detalhes de vários projetos de construção e criar um modelo 3D da obra, muito mais próximo do resultado final do que os protótipos 2D, como mostram as figuras 1 e 2.

Figura 1 - Compatibilização em CAD (2D).



Fonte: Ilustrado Gonçalves (2015).

Figura 2 - Compatibilização em BIM (3D).



Fonte: Ilustrado Gonçalves (2015).

Segundo Kassen e Amorim (2013), “Trata-se de uma inovação tecnológica radical de processo, alterando funções, responsabilidades e conteúdo de produtos ao longo de todo o ciclo de vida das construções”.

Com a tecnologia Modelagem da Informação da Construção (em inglês, Building Information Modeling - BIM), um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção. (EASTMAN, 2014, p.01).

Pereira et al. (2013), define como softwares de bases de dados, no qual projetos de edificações, possuem banco de dados, na confecção de modelos 3D na sua criação, como resultado visual do trabalho.

De acordo com Eastman et al. (2014, p. 1) BIM “é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital.” O BIM pode ser definido como metodologia compartilhada por etapas de trabalhos na edificação, gerando informações que possibilitam explorar as características do empreendimento em fase conceitual até sua demolição de forma informativa. (BRASI, 2013).

Projetos elaborados com aplicação dos conceitos BIM permitem uma concepção mais assertiva, com qualidade e que representa a realidade através de modelos virtuais em 3D, resultando em menos desperdícios e um projeto exequível, já que neste processo existem etapas bem definidas em com foco em áreas diferentes em cada uma delas, como mostra a figura 3.

Figura 3 - O BIM e o ciclo de vida da edificação.



Fonte: Autodesk, adaptado Manzione (2013, p. 07).

A plataforma BIM permite a interação de diversos projetos, analisa-os tridimensionalmente e organiza-os, fazendo com que não haja um elemento no mesmo espaço que outro. Esse é seu diferencial da plataforma CAD, que desenvolve apenas uma representação em linhas do desenho.

Segundo Freitas (2014), a principal característica do BIM é a combinação do seu sistema de modelação 3D com uma gestão, partilha e troca de dados durante a vida útil do edifício tendo como resultado um modelo com imagens gráficas tridimensionais em tempo real, onde cada linha e cada objeto apresentam dados físicos reais.

2.4.1 Dimensões do BIM

Os níveis de maturidade BIM diferem das várias dimensões dos dados do modelo de informação referente a edifícios. Além do 3D, os atributos do modelo também podem ser incluídos em 4D, 5D, 6D e 7D. A terceira dimensão, conhecida por BIM 3D, faz referência a um modelo de computador que contém as informações geométricas e dos elementos do projeto. A exemplo: vigas, pilares, lajes, paredes, portas, janelas, tubulações, coberturas, revestimento etc. A partir dele será possível extrair dados sobre a compatibilidade espacial do projeto, especificação de materiais e acabamentos, quantitativos e o desenvolvimento de pranchas 2D automáticas (CAMPESTRINI et al.,2015).

Uma vez que integrado o cronograma da obra ao modelo BIM 3D, obtém-se o BIM 4D, que proporciona uma interação onde é possível visualizar, informar e ensaiar o cronograma da obra, como início e término de cada atividade, configurações espaciais a cada etapa da execução, lead time e ritmo de produção, 19 possibilitando assim maior eficiência no processo de construção (CAMPESTRINI et al.,2015).

O BIM 5D é obtido ao se associar os dados de custo ao modelo BIM 4D. Dessa forma, é possível emitir relatório dos custos decorrentes em qualquer ponto específico no tempo (UNDERWOOD e ISIKDAG, 2009). Além disso, é possível obter também as curvas ABC (CAMPESTRINI et al.,2015). O presente trabalho será focado nessa dimensão.

Já no BIM 6D, deseja-se obter informações sobre o uso da edificação. Essa dimensão contém informações que poderão ser usadas para extrair os custos de

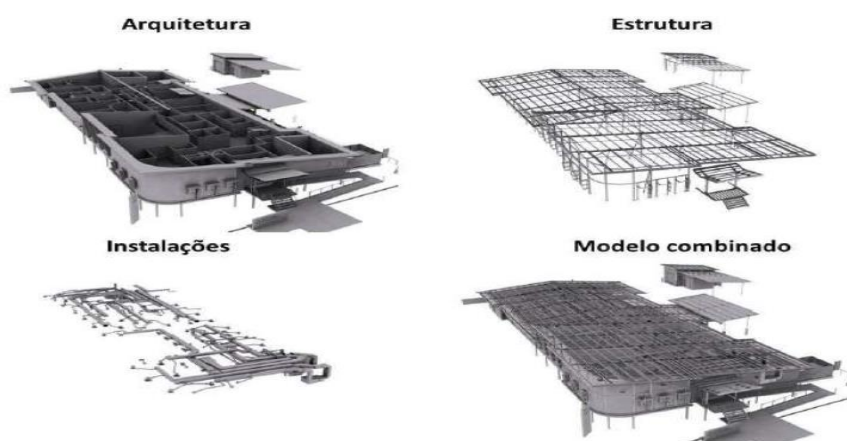
operação, validade dos materiais, consumo de água e energia elétrica, os ciclos de manutenção da edificação, entre outros (CAMPESTRINI et al.,2015).

E por fim, no BIM 7D vem a parte de sustentabilidade onde é possível analisar a energia de consumo, medir e verificar durante a construção, melhores processos de escolha de instalações de alto desempenho, obtendo assim uma redução global no consumo de energia (FISTAROL, 2015).

2.4.2 Interoperabilidade através do IFC

No contexto do BIM, os softwares são desenvolvidos em linguagens diferentes, uma vez que existe a prerrogativa de concorrência entre as empresas que produzem e comercializam estes produtos. Logo, para que exista um padrão e compatibilidade entre eles e, assim, implantar a metodologia BIM, foi criado o IFC (Industry Foundation Class). Este diretório de arquivo é basicamente uma base de dados integrada gerada por cada software e integraliza as informações em múltiplas linguagens de programação, como mostra a figura 4.

Figura 4 - Diferentes projetos modelados em BIM e integrados através do IFC.



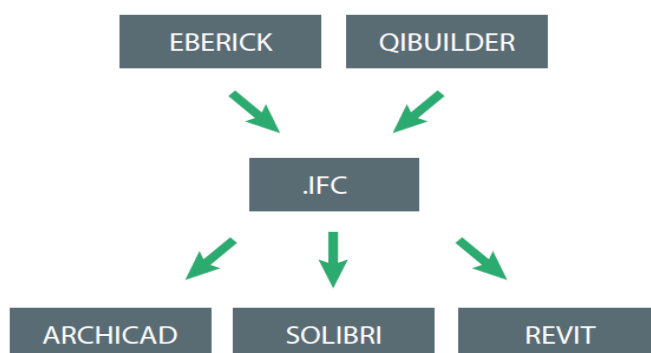
Fonte: Rigo e Penha apud extraído de Jim Steel, Drogemuller e Toth (2015).

O formato Industry Foundation Classes – IFC é um modelo de dados que abrange o projeto com todas as demais etapas do ciclo de vida de edificações. Ele foi desenvolvido e mantido pela Building Smart, uma organização Americana sem fins lucrativos, que criou seu esquema de dados para definir um conjunto extensível de representações de informações de construções, e viabilizar a troca consistente de dados entre diferentes aplicações de softwares específicos utilizados pela indústria da construção civil. (CBIC, 2016, p.73).

Como consequência disso, é possível haver a interoperabilidade, ou seja, uma comunicação efetiva entre todas as plataformas que trabalham com o conceito de modelagem em BIM, uma vez que as informações na integração eram basicamente volumétricas e intangíveis tecnicamente. Interoperabilidade é a capacidade de trocar informação entre as aplicações, suavizando fluxos de trabalho e algumas vezes facilitando a automação (EASTMAN et al., 2008, p. 99).

De uma maneira mais geral, é a habilidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informação e usarem essa informação que foi trocada (COMMITTEE, 1990, p. 114). A interoperabilidade se tornou então sinônimo da capacidade de sistemas de múltiplas informações coexistirem, interagirem e compreenderem um ao outro durante funcionalidades de troca (CHEN; DACLIN et al., 2006), como mostra a figura 5.

Figura 5 - Fluxo de integração entre algumas plataformas BIM



Fonte: Gonçalves Jr. (2015, p. 32).

Nesta interação entre plataforma e ferramenta, porções específicas do modelo de dados nativo da plataforma (a estrutura de dados que a plataforma utiliza internamente) são traduzidas, sendo que esta tradução é realizada definindo, na plataforma, os dados necessários (chamado de um model view) e colocando esses dados no formato exigido pela ferramenta, completando com informações que não estão contidas no modelo original. Diante disso, fica claro a importância da interoperabilidade para que haja, de fato, a compatibilidade entre os softwares e, conseqüentemente, integração entre os projetos desenvolvidos em diferentes plataformas.

2.5 INFLUÊNCIA DA METODOLOGIA BIM EM ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Uma vez que é possível ter o escopo de todos os projetos de um empreendimento, é necessário quantificar tudo o que foi concebido e avaliar os possíveis caminhos para uma execução mais enxuta do empreendimento. Nesse contexto surge o orçamento de obras.

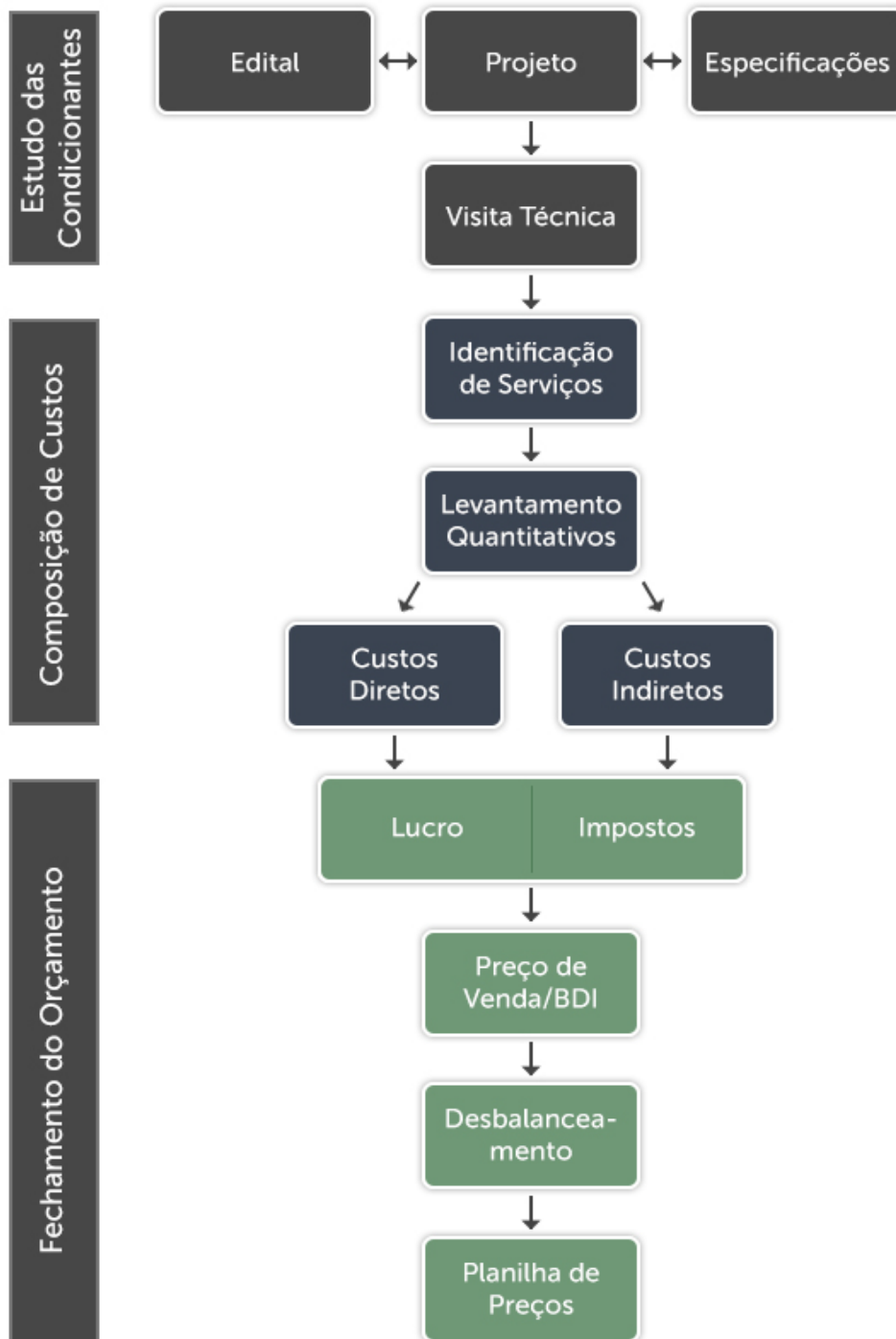
O orçamento pode ser definido, de modo simplista, como uma previsão dos custos necessários para a execução de um projeto, seja ele uma obra ou um empreendimento, e deve ser realizado previamente a sua efetivação. Desta forma, sua precisão depende da fase de projeto, ou seja, do grau de detalhamento disponível, bem como da experiência do orçamentista – tanto com relação à técnica orçamentária quanto ao conhecimento detalhado dos serviços. (VOLPATO, 2015, p 35).

Avalia-se uma margem de erro entre 15 e 20% para estimativas de custos realizadas em etapas de anteprojeto, nas quais não se dispõe de todas as informações de projeto, mas é possível se chegar a um erro da ordem de 1 a 5% para orçamentos analíticos detalhados, nos quais se dispõe de todos os dados necessários para a execução do empreendimento (LOPES; LIBRELOTTO; AVILA, 2003).

A partir dos projetos feitos em uma plataforma CAD (2D), onde tudo que é esboçado é representativo, todos os quantitativos necessários para um orçamento próximo da realidade da obra são obtidos manualmente a partir de uma concepção, em muitos casos, empírica do orçamentista. Já no prisma da metodologia BIM, tudo que é concebido possui uma base de dados que, posteriormente, servirão de parâmetros para a extração automatizada dos quantitativos.

No processo construtivo, a otimização parte do princípio de que os prazos devem ser curtos e com o menor consumo de insumos possíveis, já que existem outras variáveis financeiras a serem consideradas para que o empreendimento seja executado. No fluxograma 1, Volpato (2015), mostra como a etapa da orçamentação é indispensável para composição dos custos realizado na obra.

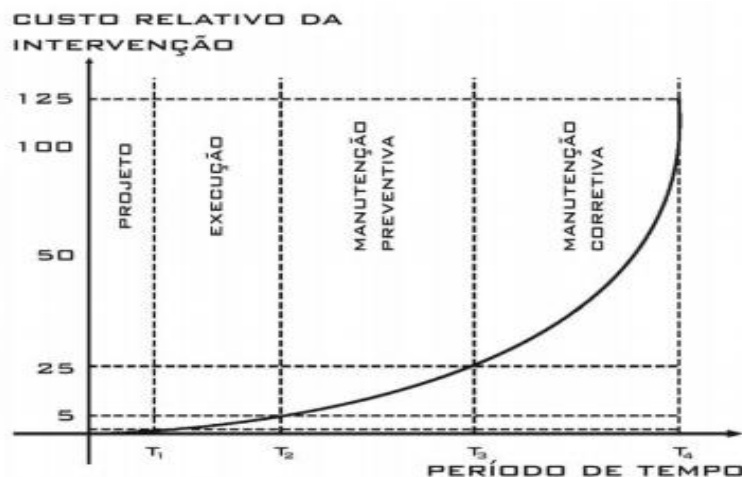
Fluxograma 1 - Etapas do orçamento



Fonte: MATTOS, 2006, p. 31 – Adaptado

Para Gonçalves apud Paulo Helene (1988), o custo de uma improvisação pode ser até 5 vezes maior, como mostra o gráfico 2.

Gráfico 2 - Progressão de custo para intervenção em um edifício.



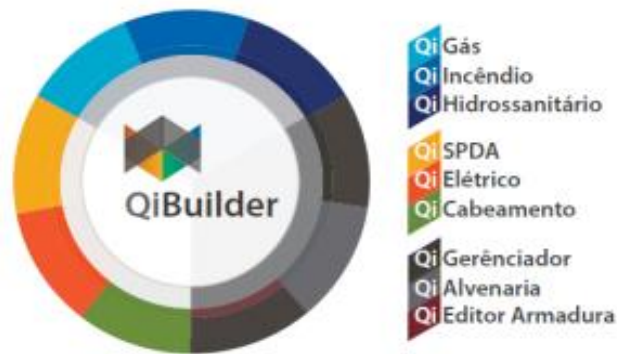
Fonte: GONÇALVES (2015) apud PELACANI (2010,78 p)

Kindle e Reis (2011) afirmam que com a automatização de cálculos proporcionada pelo BIM, há redução de prazos e ampliação do nível de detalhamento e da precisão dos orçamentos. Essa agilidade proporciona a possibilidade de realizar estudos com diferentes cenários, soluções alternativas e analisar o impacto das alterações de escopo no custo de forma rápida. Acredita-se que com o uso do BIM, o orçamentista passa a atuar mais focado nos custos unitários, e menos na elaboração de quantitativos.

2.6 SOFTWARE BIM ALTOQI QIBUILDER

Para facilitar os serviços no amplo prisma do mercado de trabalho da construção civil, a plataforma QiBuilder integra diversos produtos com soluções pertinentes à cada disciplina das instalações prediais, promovendo uma concepção integrada dos projetos, conforme a figura 6.

Figura 6 - Integração dos produtos da empresa para os projetos de instalações.

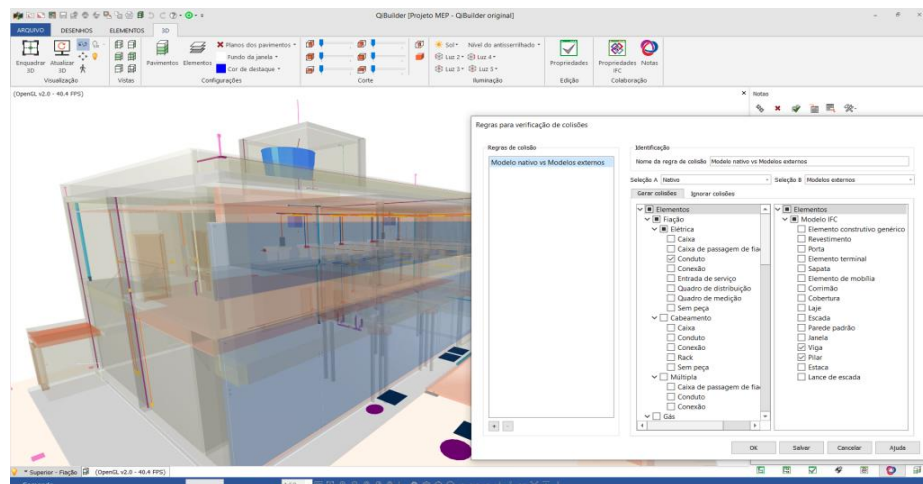


Fonte: Gonçalves Jr. (2015, p. 10).

Segundo Gonçalves Jr. (2015) “consiste em um software construído sobre uma plataforma de CAD moderna e desenvolvido sobre um conceito nativo de integração em que todos os recursos criados já são naturalmente integrados em um mesmo ambiente”. A compatibilização pode ocorrer, de forma que a acessibilidade no workflow, seja gerado construtivamente em 04 etapas, conforme GONÇALVES (2015):

No caso da Figura 3, é possível perceber o software auxiliando na análise de interferências. Dessa forma, diminui-se a probabilidade de erros do projetista ao tentar visualizar projeção tridimensional a partir de um software CAD, visto que a margem de erro é bem menor em um ambiente integrado que compila todas as informações em único modelo, como mostra a figura 7.

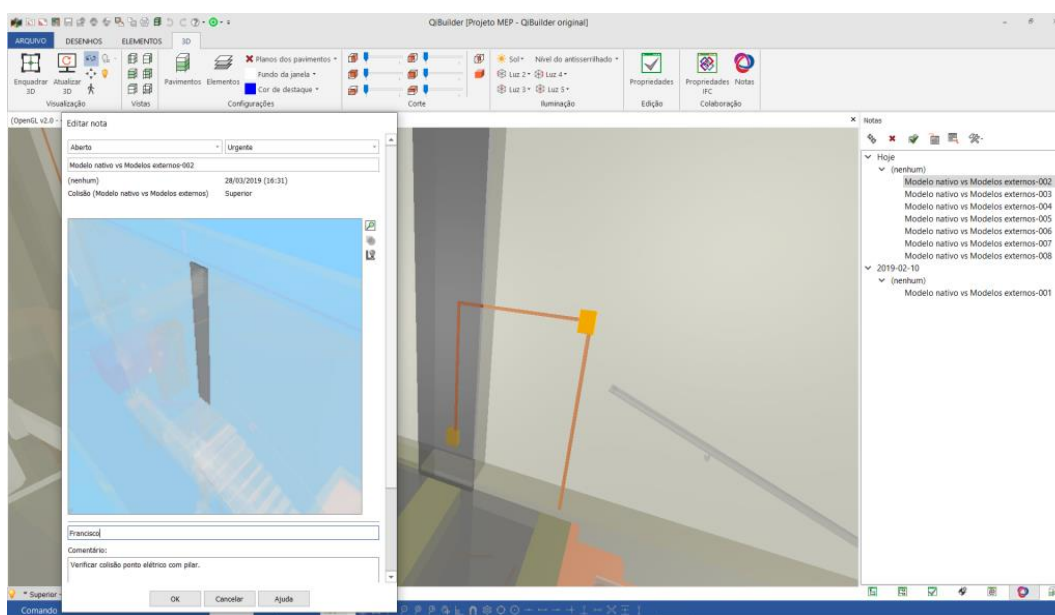
Figura 7 - Análise de interferências na ferramenta QiBuilder.



Fonte: Gonçalves Jr. (2015).

Partindo deste princípio de integração, é possível não somente visualizar as interferências de forma tridimensional como gerar notas para os outros projetistas, uma vez que na metodologia BIM é adotado um fluxo de trabalho que engloba todos os profissionais da etapa de concepção. Esse processo é chamado de geração de notas BCF, conforme a figura 8.

Figura 8 - Geração da nota BCF na ferramenta QiBuilder

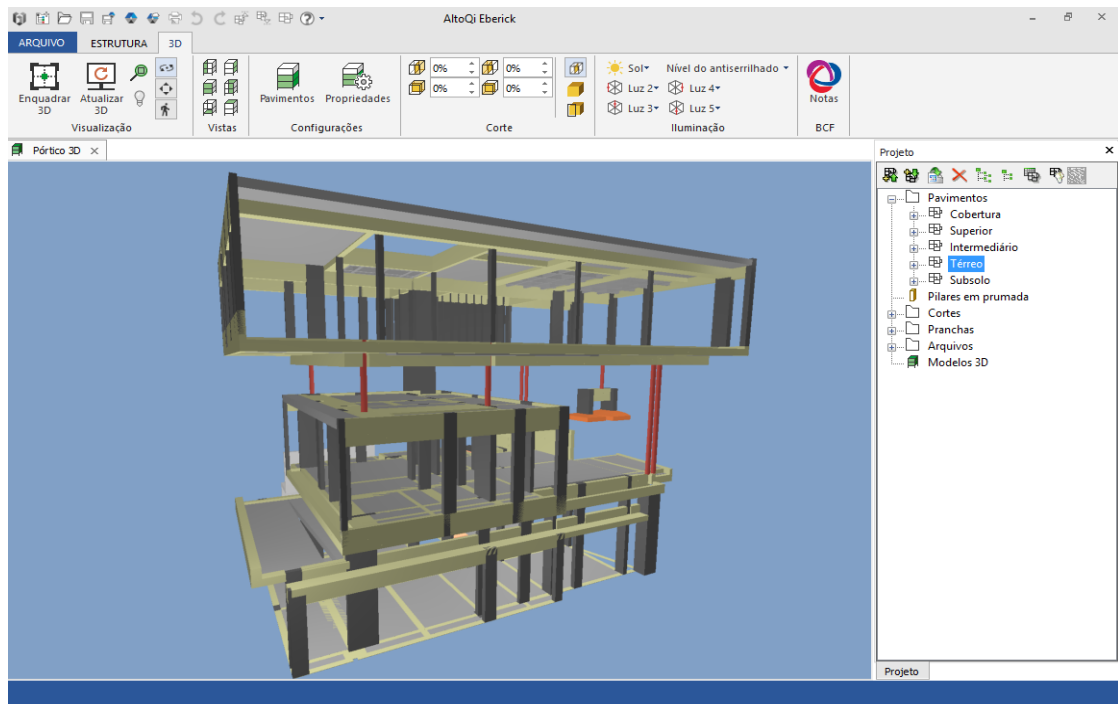


Fonte: Gonçalves Jr. (2015).

2.7 SOFTWARE BIM ALTOQI EBERICK

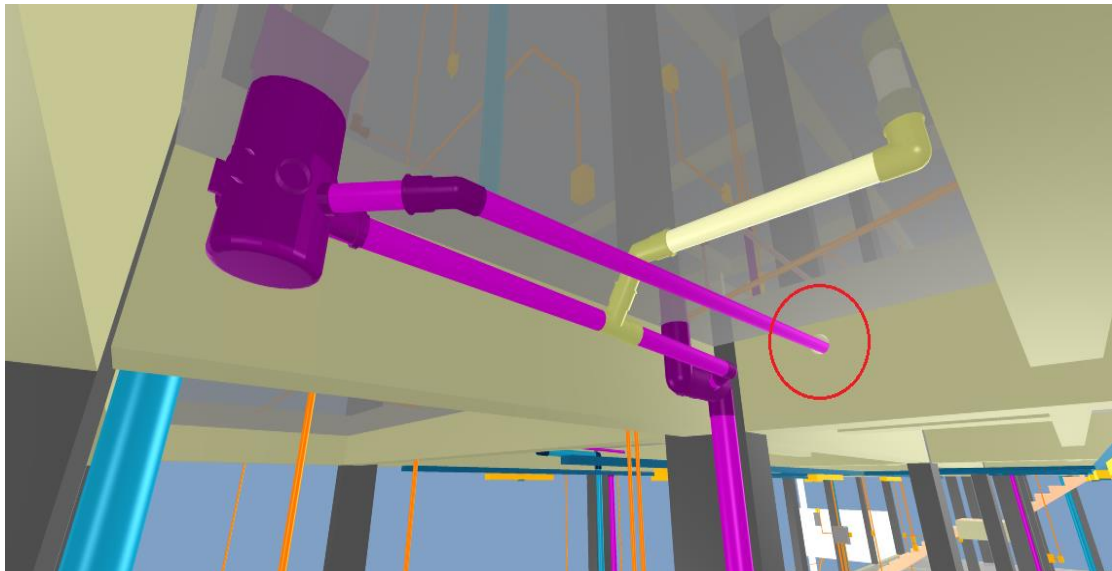
O software AltoQI Eberick, de acordo com Gonçalves Jr. (2015), é um software para o projeto estrutural em concreto armado moldado in-loco e pré-moldado, que engloba as etapas de lançamento, análise da estrutura, dimensionamento e o detalhamento final dos elementos. Na figura 10, é possível ver a interface do Eberick e dos seus recursos BIM, uma vez que possibilita a execução de modelagem, análise, dimensionamento de estruturas em concreto armado, exportação de modelo tridimensional e compatibilidade com as outras ferramentas BIM como mostra a figura.

Figura 9 - Execução de modelados em BIM.



Fonte: Gonçalves Jr. (2015).

Figura 10 - Integração entre QiBuilder e Eberick para avaliação das interferências

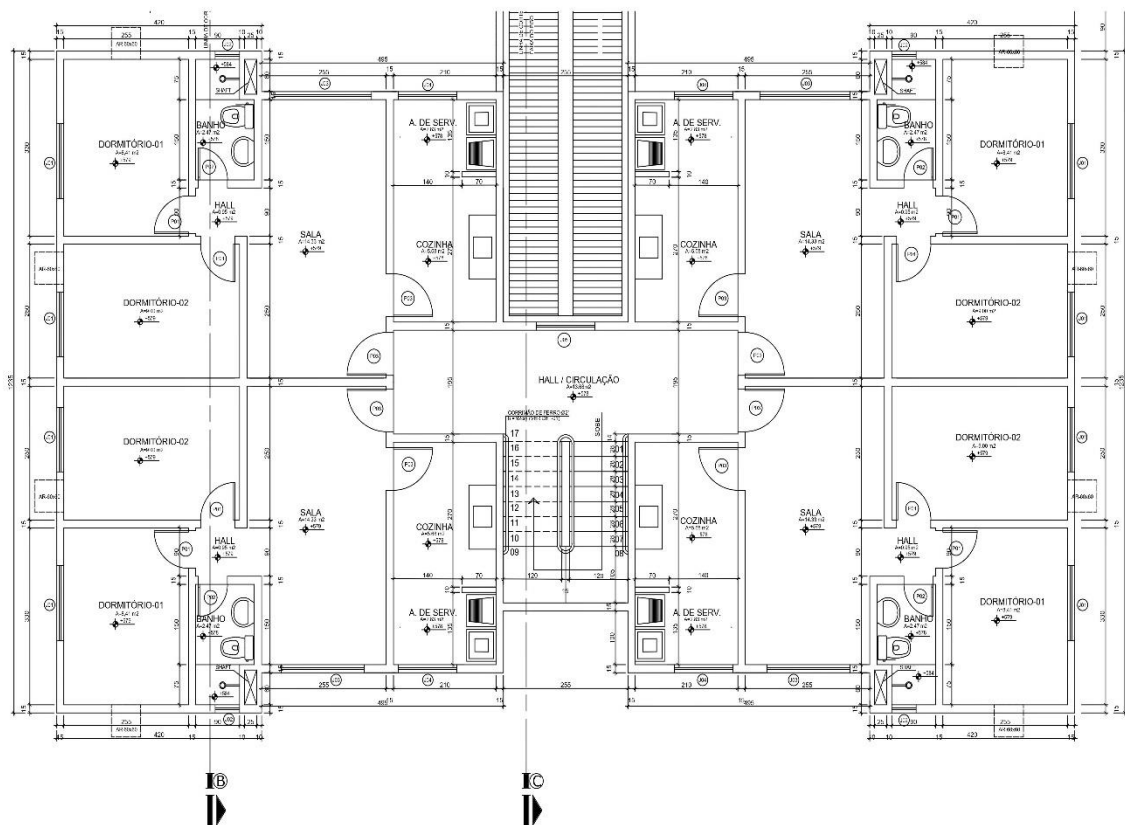


Fonte: Gonçalves Jr. (2015).

3 METODOLOGIA

Inicialmente será utilizada o projeto arquitetônico de uma edificação de cunho residencial multifamiliar construído no município de Palmas – TO, previamente disponibilizado por uma construtora local cujo nome não será identificado por preceitos éticos. O edifício possui 4 pavimentos tipo e o reservatório. Cada pavimento tipo tem 4 apartamentos e área total de 216,51 m², totalizando 649,53 m². As figuras abaixo representam as plantas baixa do pavimento tipo (figura 11), e do corte geral da edificação (figura 13), respectivamente.

Figura 11 - Planta baixa do edifício do estudo



Fonte: Autor (2020).

3.1 CONCEPÇÃO

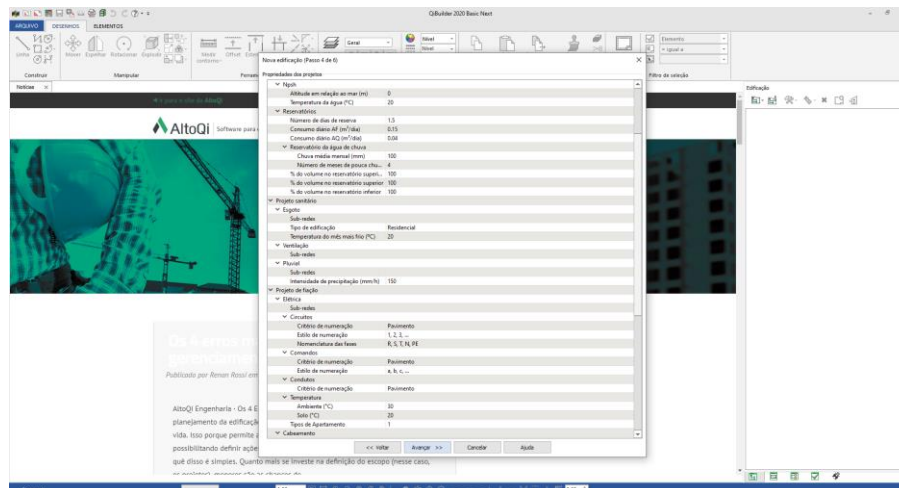
Foram concebidos, a partir do projeto arquitetônico, o projeto estrutural em concreto armado e os projetos das instalações prediais mais importantes para o desempenho da edificação. São eles:

- Projeto de Instalações Elétricas e Telefônicas;
- Projeto de Instalações Hidrossanitárias;
- Projeto de Instalações de Drenagem de Águas Pluvial;

Na fase de concepção, foram utilizados softwares específicos para estrutura e instalações nas plataformas da AltoQi. Para a estrutura em concreto armado foi utilizado o software Eberick e para as instalações os softwares QiBuilder Hidrossanitário e QiBuilder Elétrico, seguindo todos os parâmetros e normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Dessa forma, foi dado início aos projetos de engenharia exportando o projeto arquitetônico em formato DWG para os softwares QiBuilder e Eberick. Após os ajustes, foram configuradas as definições do tipo de projeto, número de pavimentos e quantidade de ocupantes para o dimensionamento, como mostra a figura 14.

Figura 12 - Entrada de projeto



Fonte: Autor (2020).

Feito isso, foi inserido o arquivo em formato DWG e feito um link com a aba do projeto de instalações do programa, seguindo com o ajuste da escala e do ponto de referência das coordenadas cartesianas x,y (0,0), que foi o ponto de referência para integração entre todos os softwares.

Após serem feitas as configurações iniciais, para o projeto estrutural foram previamente definidos lajes treliçadas com EPS, vigas em concreto armado moldadas in loco de 15x40 cm, pilares de 15x40 cm, fundações em sapatas e escada, também, em concreto armado moldado in loco. Foi adotada classe de agressividade moderada do ambiente (tipo II), concreto de 25 Mpa e capacidade de suporte do solo adotada foi 3 (três).

Para o projeto hidráulico, foi adotado a divisão entre reservatório superior e inferior em função da redução nas cargas da estrutura. O reservatório inferior conta com capacidade de 5 (cinco) mil litros e reservatório superior de 10 (dez) mil litros, conforme cálculo de demanda prescrita por norma. projeto hidrossanitário foi iniciado com o lançamento das tubulações e a definição dos pontos de alimentação das peças de utilização, tais como vaso sanitário de caixa acoplada, lavatório de uso geral, chuveiro, ducha higiênica, ralo, bebedouro, etc.

Depois, foram definidos os traçados para ligação dos sistemas às prumadas nos respectivos shaft's de cada pavimento. Para o projeto de águas pluviais, foram distribuídas as calhas metálicas com ralos tipo abacaxi na planta de cobertura e definida a área que cada uma atenderia de acordo com o dimensionamento para a cidade de Palmas, com intensidade pluviométrica média de 250 mm/h. Depois, foram definidas as prumadas de águas pluviais e, em seguida, suas conexões com as calhas, e, estas, com as caixas de areia e de passagem, sendo ligadas posteriormente ao sistema de drenagem pluvial urbano.

O projeto elétrico foi iniciado com o lançamento dos quadros de distribuição, luminárias, dos interruptores para cada ambiente de acordo com a necessidade da edificação, das TUG's (tomadas de uso geral) baixas, médias e altas, das TUE's (tomadas de uso específico), disjuntores, condutos e organização nos seus devidos shaft's. Por conseguinte, foi feito o esquema de ligação dos eletrodutos desde os interruptores até os quadros e shaft elétrico de cada pavimento de maneira a ter a melhor distribuição possível e menor acúmulo de circuitos em um mesmo caminhamento de traçado.

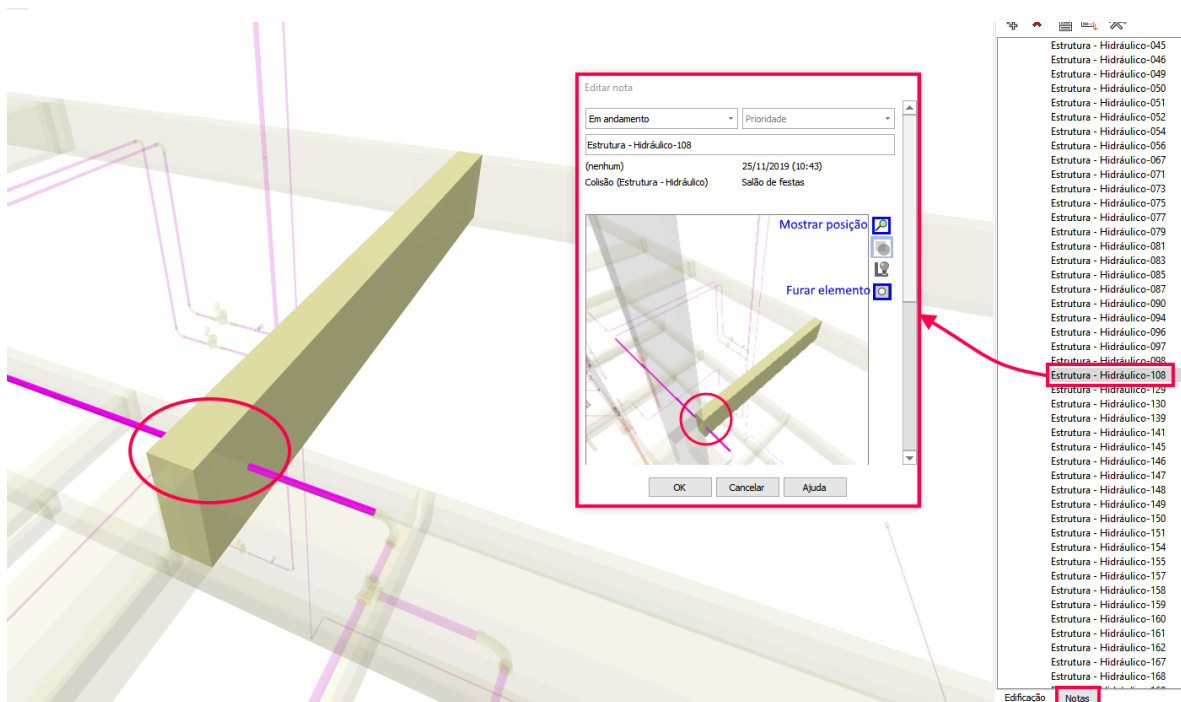
3.2 VERIFICAÇÃO

Finalizado os estudos preliminares, foi possível ter a volumetria das instalações prediais e da estrutura. Nesse contexto, foi feito um estudo comparativo nesta fase da

pesquisa com os projetos sem a devida compatibilização e o trabalho colaborativo, no intuito de simular o processo de trabalho em CAD e avaliar os efeitos da não aplicação da metodologia no processo de concepção, conforme objetivos específicos.

Em seguida, foi feita a integração de todos os projetos na plataforma QiBuilder através do IFC gerado por cada software, uma vez que, feito o modelo tridimensional de todos os projetos, é possível fazer a verificação das interferências. Esta, por sua vez, foi viabilizada através do comando Clash Detective (Detecção de colisões), disponível na plataforma QiBulder, que localiza os conflitos entre os elementos por meio das sobreposições volumétricas, como mostra a figura 15.

Figura 13 - Localização de conflitos no Qibuilder

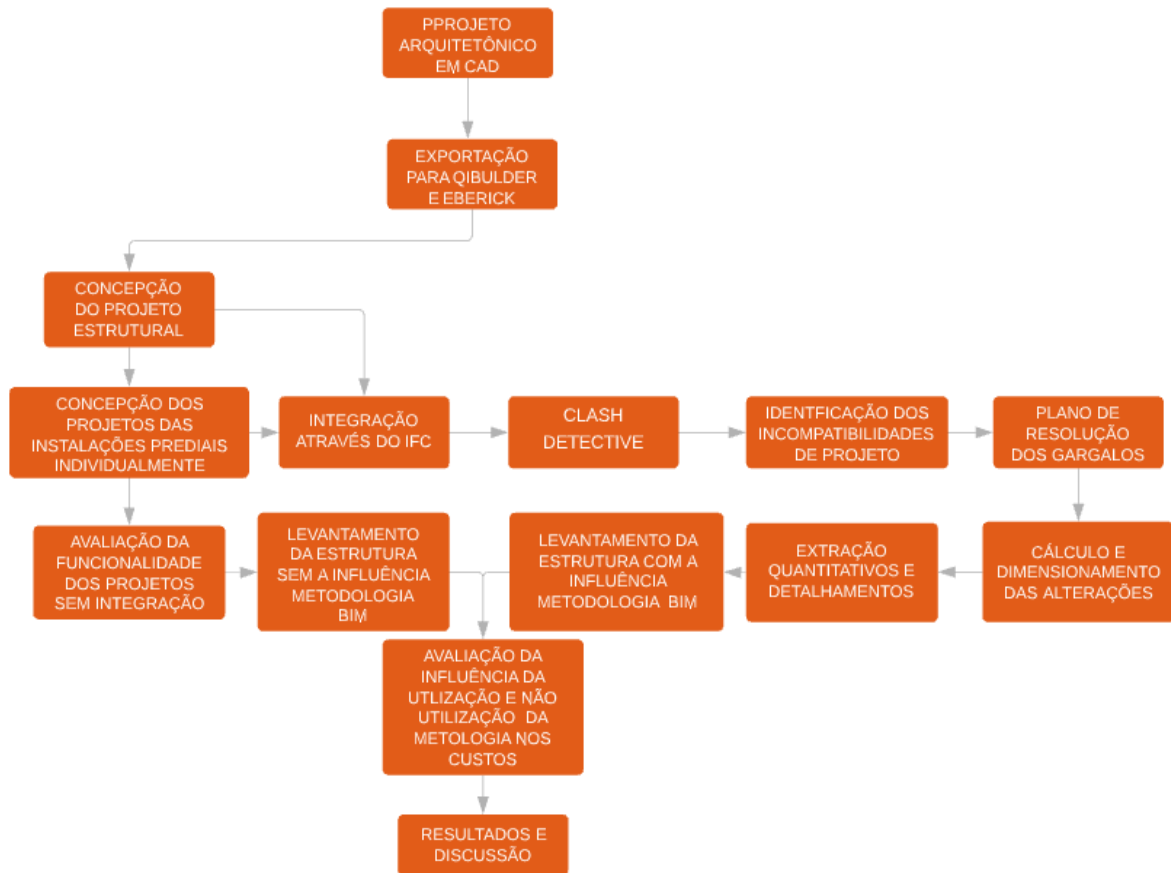


Fonte: AltoQi (2020).

3.3 CORREÇÃO

Depois, através do relatório de colisões gerado, foram avaliadas soluções para as incompatibilidades com base nas prerrogativas definidas nos objetivos específicos e as normas pertinentes. Desse modo, com todos os projetos em mãos e um horizonte de análise com duas perspectivas, será feito um levantamento quantitativo da estrutura nas duas situações e, por fim, avaliar a influência da não aplicação da metodologia BIM.

Figura 14 – Fluxograma de trabalho

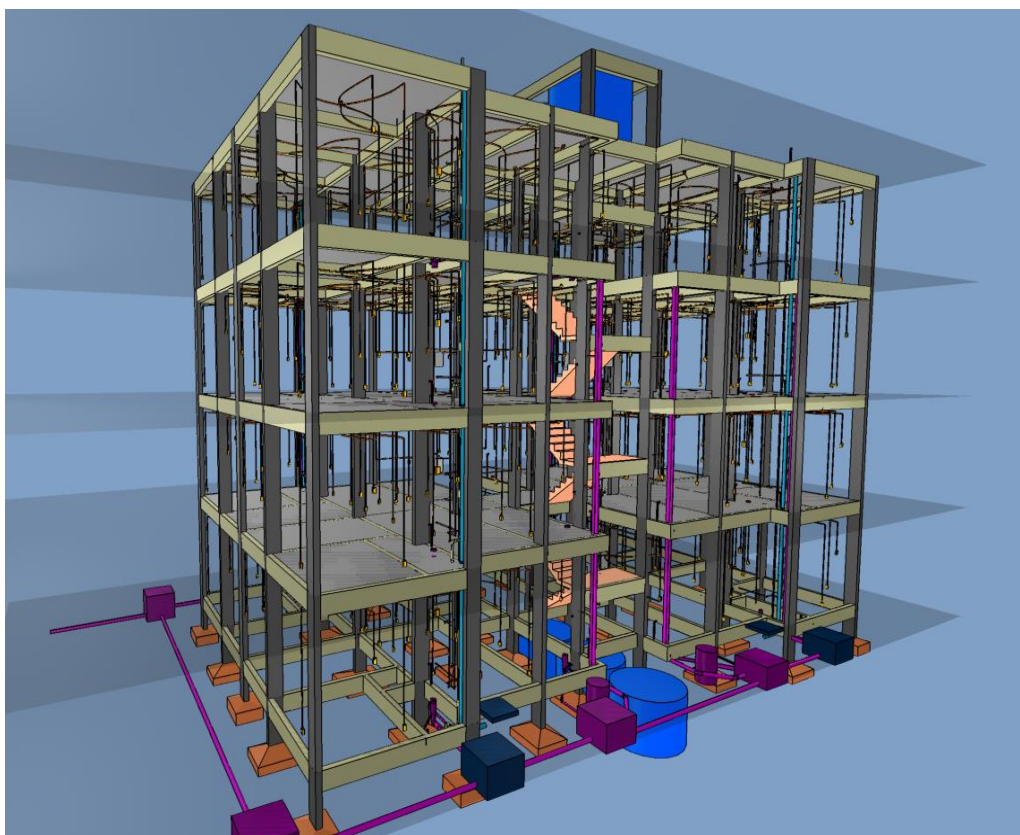


Fonte: Próprio Autor (2020).

4 RESULTADOS

Com a concepção e modelagem, chegou-se aos modelos 3D das diferentes disciplinas (estrutura, instalações elétricas, instalações hidráulicas, sanitárias e de drenagem). Os projetos foram modelados separados da estrutura e, depois, feito a análise das suas incompatibilidades.

Figura 14 - Perspectiva 3D do projeto do estudo



Fonte: Próprio Autor (2021).

4.1 INCOMPATIBILIDADES

Após modelado o projeto estrutural e de instalações, foram identificadas as incompatibilizações de dois modos: com a inspeção visual em 2D, simulando o processo obsoleto de concepção de projetos e com ajuda da integração entre o *software* QiBuilder e Eberick, utilizando o relatório de interferências (Clash Detective) e através de inspeção visual durante a modelagem 3D.

4.1.2 DETECÇÃO POR RELATÓRIO DE INTERFERÊNCIAS

Interferências envolvem globalmente todas as instalações que compõem a edificação. Por serem difíceis de identificar mesmo com a modelagem 3D, foram detectadas com ajuda do comando “verificação de interferência” do *software* Eberick. Esse comando foi utilizado em 8 combinações: Pilares X Hidráulico; Pilares X Sanitário; Pilares X Elétrico; Lajes X Hidráulico; Lajes x Sanitário; Vigas X Hidráulico; Vigas X Sanitário; Fundação X Instalações. Como resultado, foram obtidos os dados que se encontram na Tabela 1.

As interferências que envolvem pilares, lajes e vigas devem obedecer aos requisitos da NBR 6118 quanto à dimensão e localização dos furos. Segundo a NBR 6118, os furos ou aberturas previstas em elementos estruturais devem ter seu efeito verificado quando à deformação e limites.

Tabela 1 - Incompatibilidades encontradas através do Clash Detective

INCOMPATIBILIDADES		
	TIPO	QUANTIDADE
1	PILARES X HIDRÁULICO	25
2	PILARES X SANITÁRIO	28
3	PILARES X ELÉTRICO	48
4	LAJES X HIDRÁULICO	16
5	LAJES X SANITÁRIO	190
6	FUNDAÇÃO X INSTALAÇÕES	4
7	VIGAS X HIDRÁULICO	141
8	VIGAS X SANITÁRIO	136

Fonte: Próprio Autor (2021).

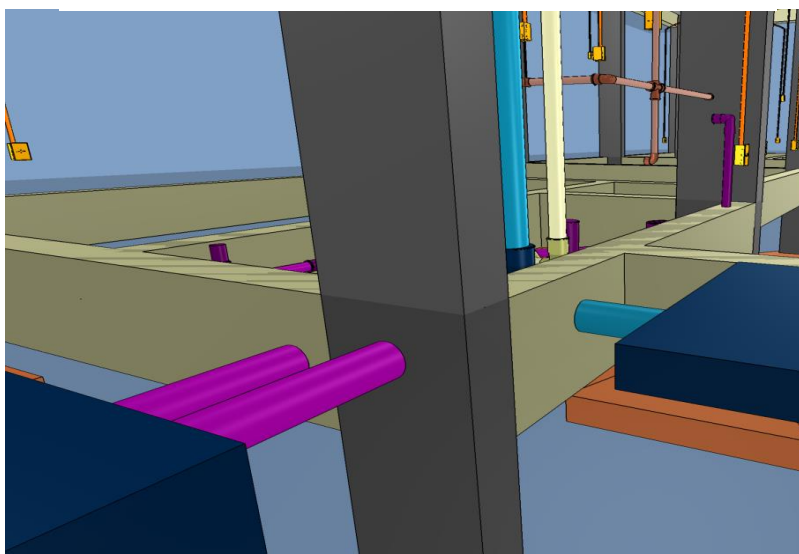
4.1.3 PILARES X TUBULAÇÃO

As tubulações que interferem nos pilares são basicamente as prumadas hidráulicas e os pontos de alimentação de banheiros, cozinhas e áreas de serviço. Todavia, as tubulações de água, esgoto, ventilação ou pluvial podem contornar os elementos verticais de estrutura. Nesta solução, irá haver maiores gastos com conexões e deve ser feita uma verificação quanto à pressão que a água chegará nos aparelhos sanitários (no caso dos tubos de água quente/fria), pois há perda de carga causada por estas conexões. Segundo a NBR ABNT NBR 5626:1998, a pressão na

rede não deve ser inferior a 5 kPa (0,5 m.c.a.), 10 kPa (1 m.c.a.) para os pontos de utilização, com exceção da válvula de descarga que deve ser de no mínimo 15 kPa (1,5 m.c.a.). Dessa forma, é importante a compatibilização destes ainda na fase de projeto, como mostra o trabalho.

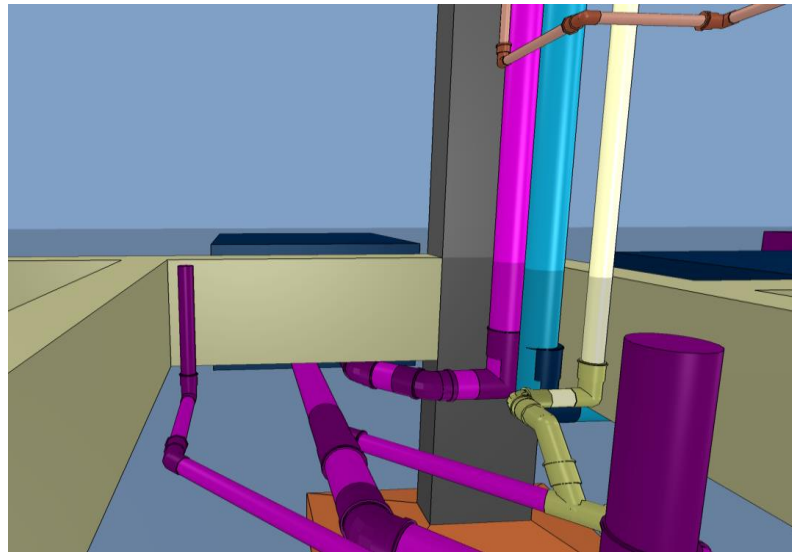
Caso não seja possível contornar o elemento estrutural, uma última opção (e mais cara) seria perfurar os pilares. No entanto, deve-se prever este furo na estrutura junto ao projetista, pois irão gerar uma diminuição da seção transversal, principalmente no caso dos tubos de esgoto, que possuem maiores diâmetros. Como resultado, o pilar perfurado teria um aumento significativo de sua seção, necessitando de armaduras adicionais de reforço. O Software Eberick não tem esta função para auxiliar o projetista em caso de furos em pilares, cabendo somente ao projetista uma solução para esta situação. Como no projeto em questão foi possível contornar o elemento estrutural para o traçado da instalação, não foi levado em consideração a furação de pilares no orçamento da estrutura sem compatibilização.

Figura 15 – Principais interferências de projeto entre estrutura e sanitário



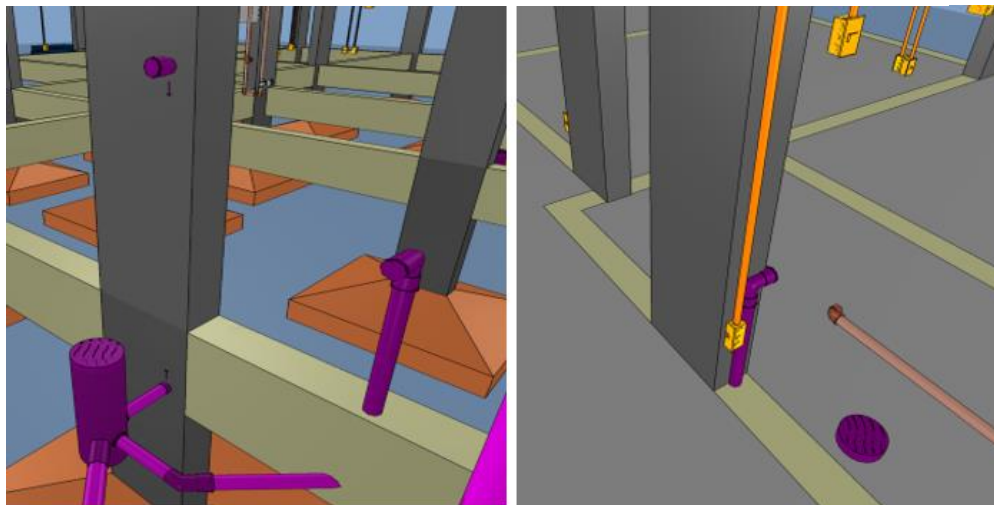
Fonte: Próprio Autor (2021).

Figura 16 - Interferências adequadas com a estrutura



Fonte: Próprio Autor (2021).

Figura 17 - Interferências entre pilar x tubulação de esgoto



Fonte: Próprio Autor (2021).

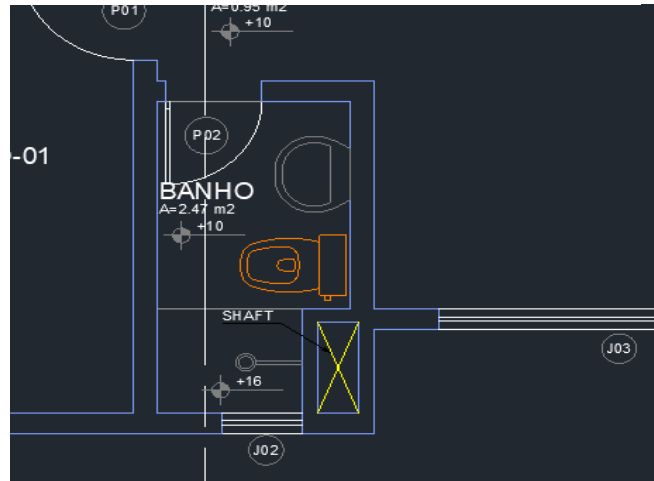
No caso da figura 17, será necessário realocar os pontos de instalações, visto que onde previsto na arquitetura não é possível devido a concepção estrutural.

4.1.4 LAJES X TUBULAÇÃO

Nas lajes, não há a opção de contornar os elementos estruturais com o uso de conexões. |Por isso, estas interferências devem ser previstas na estrutura ou evitadas. Por esta razão, é recomendado o uso de *shafts*. Nos *shafts* não ocorre a

presença da laje, permitindo que as tubulações atravessassem entre os pavimentos sem que haja interferências da estrutura.

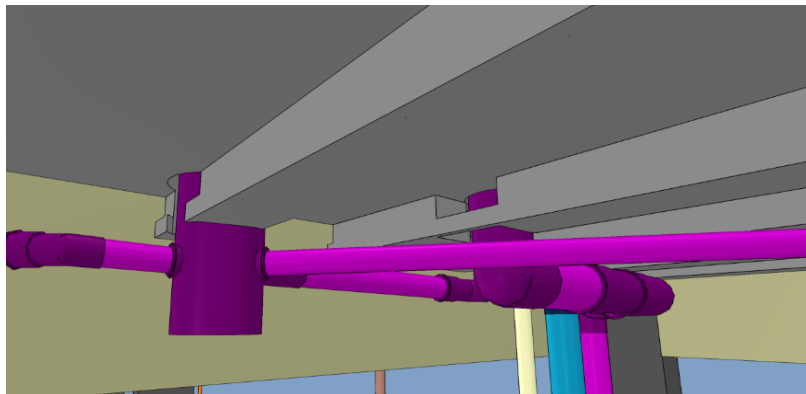
Figura 18 - *Shaft* previsto na concepção arquitetônica



Fonte: Próprio Autor (2021).

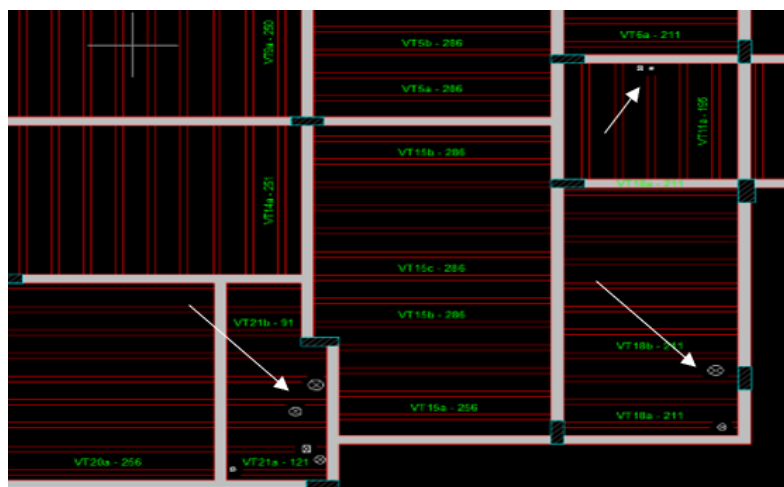
Nos locais onde não é possível a inserção de *shafts*, os furos em lajes devem ser previstos antes das concretagens da estrutura, e, como as lajes, em sua maioria, são feitas com uso de vigotas com preenchimento em EPS, os furos devem estar presentes na região preenchida por EPS e jamais nas vigotas pré-moldadas, onde há, de fato, uma função estrutural. No projeto do estudo, este quesito é um dos pontos mais críticos do projeto, visto que, em função da concepção arquitetônica, a maioria dos pontos de coleta não podem ter seu traçado através de *shafts*.

Figura 19 - Tubulação passando pelas vigotas das lajes em um estudo não compatibilizado



Fonte: Próprio Autor (2021).

Figura 20 - Pontos de algumas das tubulações que cruzariam as vigotas das lajes em um estudo não compatibilizado



Fonte: Próprio Autor (2021).

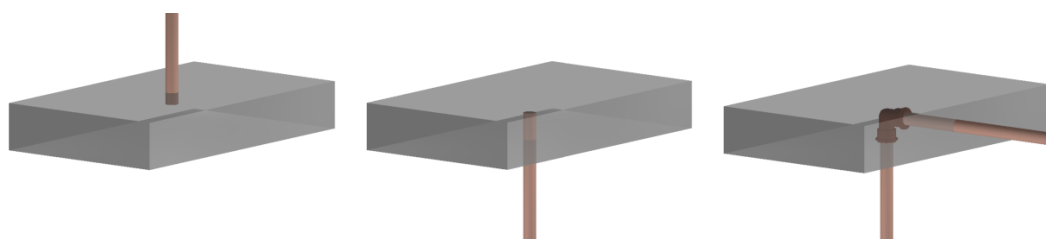
Segundo a NBR6118, lajes que necessitem de aberturas devem obedecer às seguintes condições: “a) a seção do concreto remanescente da parte central ou sobre o apoio da laje deve ser capaz de equilibrar os esforços no estado-limite último, correspondentes a essa seção sem aberturas; b) as seções das armaduras interrompidas devem ser substituídas por seções equivalentes de reforço, devidamente ancoradas; c) no caso de aberturas em regiões próximas a pilares, nas lajes lisas ou cogumelo, o modelo de cálculo deve prever o equilíbrio das forças cortantes atuantes nessas regiões.”.

Quanto às aberturas que atravessam lajes na direção de sua espessura, a NBR 6118:2014 alerta que em lajes lisas ou cogumelo sempre sejam realizadas as verificações. Com relação a outros tipos de laje, “podem ser dispensadas dessa verificação, quando armadas em duas direções e sendo verificadas, simultaneamente, as seguintes condições: a) as dimensões da abertura devem corresponder no máximo a 1/10 do vão menor (l_x); b) a distância entre a face de uma abertura e o eixo teórico de apoio da laje deve ser igual ou maior que 1/4 do vão, na direção considerada; e c) a distância entre faces de aberturas adjacentes deve ser maior que a metade do menor vão.” (ABNT, 2014).

Diante do exposto, uma solução também seria a utilização de lajes maciças onde existe a necessidade coleta de esgoto, como áreas de serviço, banheiro e lavanderia. Dessa forma, não haveria problemas com as treliças, sendo necessário apenas um reforço estrutural onde seria alocado o furo. Quando o projetista não leva em consideração estes parâmetros da norma no lançamento do projeto, o Software

Eberick emite avisos e não detalha as armaduras dos elementos. Como exemplo as figuras 21, onde foram lançados elementos com extremidade dentro da laje, na face lateral e muito próximos à extremidade.

Figura 21 - Situações de erros em tubulação X laje



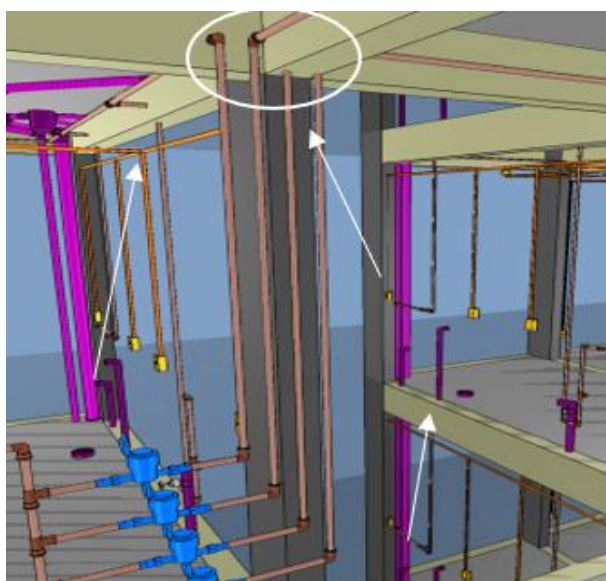
Fonte: AltoQi (2019).

Nestes casos, os erros que envolvam ajustes de posição do furo no elemento podem ser resolvidos com alterações na posição dos elementos no projeto de instalações, ou ainda ajustes no próprio Eberick, como aumento de altura ou largura das vigas e a utilização de elevações positivas ou negativas.

4.1.5 VIGAS X TUBULAÇÃO

Os furos em vigas, tanto na vertical quanto na horizontal, devem ser estudados e previstos no projeto de estruturas, pois causam redução na seção transversal das vigas, resultando em problemas estruturais, principalmente caso estejam próximos aos locais de maiores esforços.

Figura 22 - Interferências entre tubulações e vigas do projeto de estudo.



Fonte: Próprio Autor (2021).

Neste caso, deve ser comunicado ao projetista para que reforços sejam realizados, sejam por meio de aumento de seção transversal, aumento de armaduras, uso de concreto com diferente resistência característica ou até mesmo alterando a concepção da estrutura.

Quanto à execução, assim como nos pilares, devem-se planejar os furos antes da concretagem. Este planejamento só é possível com a compatibilização prévia da estrutura e as instalações, prevendo todos os pontos de passagem. Não havendo esta situação, será necessário o uso de equipamentos apropriados para perfuração de concreto, aumentando os custos. Este é o ponto principal da análise do projeto, pois numa estrutura não compatibilizada é necessário fazer furos depois da concretagem e cura do elemento estrutural. Esta situação acontece nos casos de passagens de ar-condicionado, tubos hidráulicos de água e drenagem, coleta de esgoto, ventilação, incêndio e gás. O algoritmo do Software Eberick leva em consideração todos estes parâmetros preconizados pela a NBR 6118:2014 em relação à segurança estrutural

no caso de furação dos elementos. Como mostra o detalhamento de um furo para passagem de tubulação apresentado com o auxílio do Software.

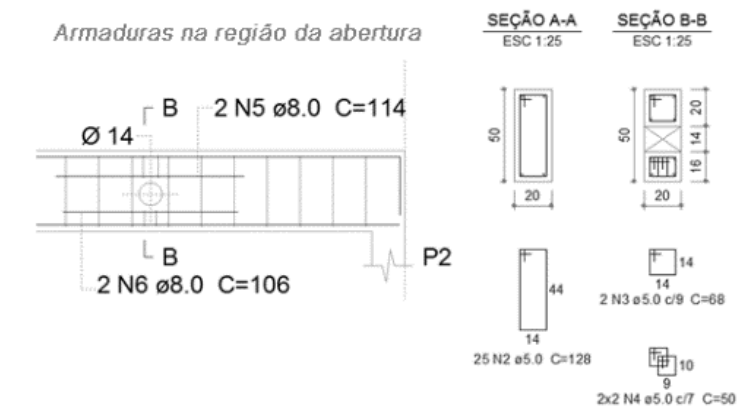
Caso haja a possibilidade, deve-se utilizar conexões para transpor os tubos a fim de que não haja perfuração das vigas. No caso das tubulações horizontais, deve-se procurar passar as tubulações abaixo das vigas, ou acima, embutidas no contra piso (no caso das tubulações de pequeno diâmetro). Nas tubulações existentes no sentido vertical deve-se tentar transposição para evitar o furo de vigas. No projeto de estudo, foram necessários os furos horizontais e verticais devido às prumadas e o pé direito baixo dos pavimentos.

Segundo a NBR 6118:2014, para furos que atravessam vigas na direção de sua largura, “em qualquer caso, a distância mínima de um furo à face mais próxima da viga deve ser no mínimo igual a 5 cm e duas vezes o cobrimento previsto para essa face. A seção remanescente nessa região, tendo sido descontada a área ocupada pelo furo, deve ser capaz de resistir aos esforços previstos no cálculo, além de permitir uma boa concretagem. Devem ser respeitadas, simultaneamente, para dispensa da verificação, as seguintes condições: a) furos em zona de tração e a uma distância da face do apoio de no mínimo $2h$, onde h é a altura da viga; b) dimensão do furo de no máximo 12 cm e $h/3$; c) distância entre faces de furos, em um mesmo tramo, de no mínimo $2h$; d) cobrimentos suficientes e não seccionamento das armaduras”.

Ademais, acordo com a NBR 6118:2014, para furos que atravessam vigas na direção de sua altura, “as aberturas em vigas, contidas no seu plano principal, como furos para passagem de tubulação vertical nas edificações, não podem ter diâmetros superiores a $1/3$ da largura dessas vigas nas regiões desses furos.

Deve ser verificada a redução da capacidade portante ao cisalhamento e à flexão na região da abertura. A distância mínima de um furo à face mais próxima da viga deve ser no mínimo igual a 5 cm e duas vezes o cobrimento previsto nessa face. A seção remanescente nessa região, tendo sido descontada a área ocupada pelo furo, deve ser capaz de resistir aos esforços previstos no cálculo, além de permitir uma boa concretagem. No caso de ser necessário um conjunto de furos, estes devem ser alinhados e a distância entre suas faces deve ser de no mínimo 5 cm, ou o diâmetro do furo e cada intervalo deve conter pelo menos um estribo. No caso de elementos estruturais submetidos à torção, esses limites devem ser ajustados de forma a permitir um funcionamento adequado”.

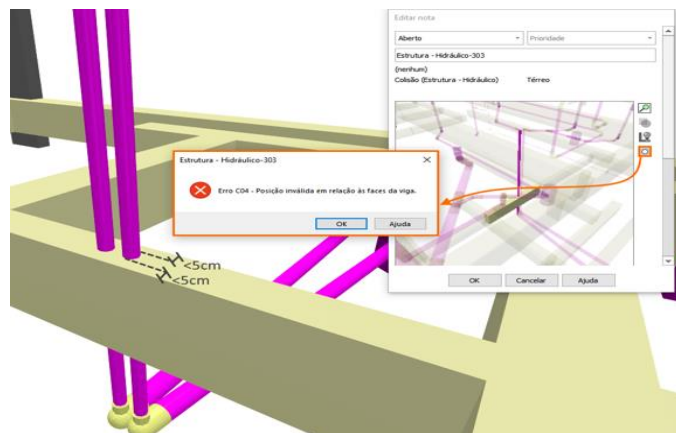
Figura 23 - Viga detalhada com armaduras adicionais na região da abertura



Fonte: Próprio Autor (2021).

Caso a solução lançada pelo projetista não esteja de acordo com as prerrogativas citadas, o Software emite uma mensagem de erro e não detalha as armaduras do elemento estrutural.

24 - Furo com distância mínima lateral não atendida.



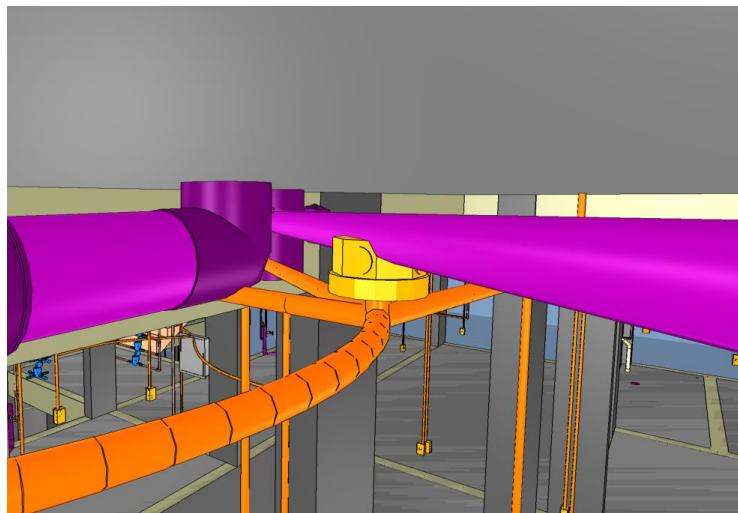
Fonte: AltoQi (2019).

4.1.6 TUBULAÇÃO X TUBULAÇÃO

Nas incompatibilizações entre os diferentes tipos de tubulações, deve-se transpor os tubos com uso de conexões a fim de que não haja interferências. No caso das tubulações de esgoto e de águas pluviais, a transposição deve sempre respeitar as inclinações recomendadas pelas Normas Brasileiras. Caso os desvios sejam realizados com os tubos de água quente ou fria, podem ser usadas conexões para executar os

desvios. Porém, deve-se conferir a pressão de água nos aparelhos sanitários, pois com inserção de conexões há maior perda de carga. No projeto de estudo não há previsão para pontos de água quente. No entanto, foi notada as interferências entre as conexões elétricas e as tubulações de água e esgoto.

Figura 25 - Interferências entre elétrico x sanitário



Fonte: Próprio Autor (2021).

4.1.7 IMPACTOS NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS

No que tange às incompatibilidades, foi exposto que existe uma forma viável de atenuá-las ainda na fase de projeto. Mas, existe um problema na fase de compatibilização pouco citado na literatura e que varia de região para região. Trata-se da interação entre os diversos profissionais da fase de concepção. Sabe-se que um ciclo de projeto interoperável é mais demorado e nem sempre o profissional da arquitetura pode atender o engenheiro de estruturas à medida de tempo necessária para não atrasar o processo. Também pode acontecer entre o engenheiro de instalações e os muitos profissionais que englobam todo o desenvolvimento do projeto. Sabe-se, também, que geralmente uma obra deste porte são escritórios maiores que realizam o projeto e, estes, em sua grade, possuem um volume grande de serviço. Logo, quando há a necessidade de uma alteração de projeto não prevista no cronograma do escritório, gera atraso na concepção e, conseqüentemente, na obra.

Diante disso, o vai e vem de informações, questionamentos e alterações de projeto atrasa a obra à medida em que é materializada, pois vem destes profissionais

a decisão de projeto e execução. Dessa forma, gerando custos adicionais difíceis de quantificar, atrasos ou até mesmo improvisos no canteiro de obras por não haver contato com os profissionais de planejamento devido ao tempo de retorno da informação e tomada de decisão. Em grandes incorporadoras, o processo corre melhor devido a existência de um escritório próprio de planejamento. Mas, na maioria dos empreendimentos, este serviço é terceirizado. E, ainda, a empresa terceirizada, faz o mesmo processo com pormenores. A exemplo dos projetos de Prevenção e Combate a Incêndio, SPDA, elevadores e maquinários, monitoramento, TV, dentro outros.

5 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA

De acordo com o estudo, tornou-se necessário o estudo financeiro das influências da não previsão da passagem de todas essas tubulações na estrutura, simulando uma execução de projeto sem a previsão de passagens. O orçamento da estrutura foi elaborado segundo a referência do mês de abril de 2021 do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAPI). Para as adequações por incompatibilidades, foram cotados os valores das furações de vigas e pilares em uma empresa de serviços em Palmas – TO, que propôs o seguinte orçamento:

Tabela 2 - Levantamento de preço da furação de elementos estruturais em Palmas/TO

COTAÇÃO DE SERVIÇO			
	TIPO	Unid.	Valor (R\$)
1	FURO 50 mm	1	R\$ 90,00
2	FURO 100 mm	1	R\$ 140,00
3	FURO 25 mm	N/T	N/T
4	FURO 32 mm	N/T	N/T

Fonte: Próprio Autor (2021).

5.1 ORÇAMENTO

Com todos os projetos concebidos, foi possível extrair os quantitativos de aço, forma e concreto e, com isso, elaborar o orçamento da estrutura da edificação:

Tabela 3 - Orçamento da Estrutura sem a devida compatibilização

Orçamento Sintética									
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
1			FUNDAÇÃO					36.172,89	8,08 %
1.1	74077/002	SINAPI	LOCAÇÃO CONVENCIONAL DE OBRA, ATRAVÉS DE GABARITO DE TABUAS CORRIDAS PONTALETADAS, COM REAPROVEITAMENTO DE 10 VEZES.	m²	235,9	4,50	4,50	1.061,55	0,24 %
1.2	96523	SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA, COM PREVISÃO DE FÔRMA. AF_06/2017	m³	76,5	70,51	70,51	5.394,01	1,21 %
1.3	2660	ORSE	Apiloamento manual de fundo de vala	m²	51	20,72	20,72	1.056,72	0,24 %
1.4	96622	SINAPI	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR, APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESSURA DE *5 CM*. AF_08/2017	m³	2,55	100,86	100,86	257,19	0,06 %
1.5	96545	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	422	15,05	15,05	6.351,10	1,42 %
1.6	92762	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	552	12,46	12,46	6.877,92	1,54 %
1.6	96546	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	309	13,47	13,47	4.162,23	0,93 %
1.7	94965	SINAPI	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	m³	16,28	406,74	406,74	6.621,72	1,48 %
1.7	96547	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE	KG	49,8	11,42	11,42	568,71	0,13 %
1.8	92874	SINAPI	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	m³	16,28	26,33	26,33	428,65	0,10 %
1.8	96543	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	98	16,85	16,85	1.651,30	0,37 %
1.9	96995	SINAPI	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE. AF_10/2017	m³	47,28	36,84	36,84	1.741,79	0,39 %
2			BALDRAME					39.510,44	8,83 %
2.1	94103	SINAPI	LASTRO DE VALA COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MENOR QUE 1,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MANUAL, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	m³	4	190,40	190,40	761,60	0,17 %
2.2	96527	SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA PARA VIGA BALDRAME, COM PREVISÃO DE FÔRMA. AF_06/2017	m³	12	92,54	92,54	1.110,48	0,25 %
2.3	96530	SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	m²	160	130,53	130,53	20.884,80	4,67 %
2.4	96546	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	171	13,47	13,47	2.303,37	0,51 %
2.5	96543	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	33	16,85	16,85	556,05	0,12 %
2.5	96545	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	292	15,05	15,05	4.394,60	0,98 %
2.6	94965	SINAPI	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	m³	12	406,74	406,74	4.880,88	1,09 %
2.6	96543	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	140	16,85	16,85	2.359,00	0,53 %

2.7	92874	SINAPI	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	m³	12	26,33	26,33	315,96	0,07 %
2.8	74106/001	SINAPI	IMPERMEABILIZACAO DE ESTRUTURAS ENTERRADAS, COM TINTA ASFALTICA, DUAS DEMAOS.	m²	190	10,23	10,23	1.943,70	0,43 %
3			SUPERESTRUTURA					235.660,81	52,66 %
3.1	92422	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MENOR OU IGUAL A 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	m²	530,64	58,69	58,69	31.143,26	6,96 %
3.2	92456	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	728	100,85	100,85	73.418,80	16,41 %
3.3	92762	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	3501	12,46	12,46	43.622,46	9,75 %
3.4	92761	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	639	13,77	13,77	8.799,03	1,97 %
3.5	92763	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	1517,6	10,61	10,61	16.101,73	3,60 %
3.6	92874	SINAPI	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	m³	47	26,33	26,33	1.237,51	0,28 %
3.7	92874	SINAPI	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	m³	75,6	26,33	26,33	1.990,54	0,44 %
3.8	92760	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	212,8	14,30	14,30	3.043,04	0,68 %
3.9	94965	SINAPI	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	m³	75,6	406,74	406,74	30.749,54	6,87 %
3.10	95937	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA ESCADAS, COM 2 LANCES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_01/2017	m²	65,64	322,77	322,77	21.186,62	4,73 %
3.11	95943	SINAPI	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA 60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	KG	48,8	19,58	19,58	955,50	0,21 %
3.12	95945	SINAPI	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA 50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	KG	91,6	15,93	15,93	1.459,18	0,33 %

3.13	95944	SINAPI	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA 50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	KG	105,6	18,50	18,50	1.953,60	0,44 %
4			SUPERESTRUTRA - LAJE					124.126,05	27,74 %
4.1	92267	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	m²	756	38,82	38,82	29.347,92	6,56 %
4.1	0000374 6	SINAPI	LAJE PRE-MOLDADA TRELICADA (LAJOTAS + VIGOTAS) PARA PISO, UNIDIRECIONAL, SOBRECARGA DE 200 KG/M2, VAO ATE 6,00 M (SEM COLOCACAO)	m²	756	101,12	101,12	76.446,72	17,08 %
4.2	0003840 8	SINAPI	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 190 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m³	47	390,03	390,03	18.331,41	4,10 %
5			FURAÇÃO DE ELEMENTOS PARA PASSAGEM DE TUBULAÇÕES					12.060,00	2,69 %
5.1	111113	Próprio	Perfuração de elementos estruturais com furo de Ø100 mm de diâmetro e profundidade de 15 cm / Ref. pessoal.	Ø	45	140,00	140,00	6.300,00	1,41 %
5.2	111112	Próprio	Perfuração de elementos estruturais com furo de Ø50 mm de diâmetro e profundidade de 15 cm / Ref. pessoal.	Ø	64	90,00	90,00	5.760,00	1,29 %

Total sem BDI	447.530,19
Total do BDI	0,00
Total Geral	447.530,19

6 CONCLUSÕES

Atualmente, no mercado de construção civil, existe uma carência de projetos que antecipem os erros encontrados nas obras e que promovam soluções técnicas e econômicas para a execução de um empreendimento. Deste modo, existem muitos desperdícios e retrabalhos que acabam acarretando em perda de produtividade, dinheiro e tempo em uma construção. Ademais, o BIM e a respectiva compatibilização de projetos são uma tendência de mercado que certamente resulta na redução de custos e melhor integração entre todos os componentes do projeto.

O presente trabalho cumpriu os objetivos propostos e, ainda, cabe ressaltar sua validade, pois englobou diversas áreas, como projeto, orçamentação e modelagem da informação da construção. Os softwares utilizados estão de acordo com as normativas, porém, não abrangem casos específicos de tomadas de decisão, cabendo ao projetista uma solução manual de cálculo das possíveis armaduras de reforço e aumento de seção dos elementos.

Como apresentado, o orçamento da estrutura do edifício sem a devida compatibilização custaria 2,69% a mais do que a mesma concepção com a devida compatibilização, levando em consideração os gastos na fase de construção da estrutura. No entanto, o trabalho não teve foco nas patologias que surgiriam durante a vida útil da estrutura e dos atrasos em função da correção dos problemas. Acredita-se que este percentual seria bem mais significativo quando mensurado esta variante. Certamente, avaliá-la é um viés para trabalhos futuros e obter um panorama mais abrangente do estudo de caso.

Como pode-se comprovar neste trabalho, o simples fato de se elaborar um projeto utilizando a tecnologia BIM, possibilitou identificar diversos problemas de incompatibilidades na fase de projeto. Os projetos em BIM ainda não são recorrentes devido ao maior custo de concepção e baixa disponibilidade de profissionais habilitados para tal. O maior custo é justificado pelo aumento da demanda de tempo, alto custo das licenças dos softwares em plataforma BIM atreladas à desvalorização desta etapa pelos construtores que, em muitos casos, utilizam apenas de conhecimento empírico.

No entanto, foi possível observar que a simples verificação e compatibilização de projetos gera uma economia suficiente para pagar boa parte da fase de projeto, levando em consideração de que esta etapa consome entre 1 e 4% do orçamento da

obra. Portanto, diante do exposto, conclui-se que em qualquer panorama a compatibilização de projetos sempre vai gerar uma economia significativa no processo construtivo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Avaliação de desempenho energético em Projetos BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Vol. 5. Brasília: ABDI, 2017.

ARANCIBIA, M. A. **Coordenação Técnica de Projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações.** Tese de Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. 127 p.

Arquitetura: Reflexões Sobre o Papel Mediador das Tecnologias. Rev. Esc. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Manutenção de edificações – Procedimento.** NBR 5674, ABNT, 1999, 2p

AVILA, A. V.; LIBRELOTTO, L. I.; LOPES, O. C. **Orçamento de Obras - Construção Civil.** Florianópolis: Unisul, 2003. 66 p. Apostila elaborada para a disciplina de Construção Civil. AVILA, Vinícius Martins. **Compatibilização de projetos na construção civil [manuscrito]: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar.** 2011. 84

BARROS NETO, J. P. **Estratégias de Produção e a Construção de Edificações.** Disponível BORTOLOTTI, Mariana Cristina. **Compatibilidade de projetos de uma habitação: Verificação de incompatibilidade no sistema de projeção 2D e na modelagem 3D.** Florianópolis- SC, 2014. 112 p.

BRASIL, GOVERNO DE SANTA CATARINA | Secretaria de Estado do Planejamento | Diretoria de Planejamento | Comitê de Obras Públicas. **Caderno de apresentação de projetos BIM.** 2013. 98 p.

BRASIL. Decreto n. 9.377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling, Brasília, DF, 2018.

BURGARDT, Lilian; KINDLE, Mariana; REIS, Pâmela. **Como o BIM impacta cada agente do setor da construção:** Modelagem da informação da construção impacta todos os agentes da cadeia. 2011. PINI. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/artigo282478-1.aspx>>. Acesso em: 29 de abril de 2020.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais** CAMPESTRIN, Tiago Francisco; GARRIDO, Marlon Câmara; MENDESJR. Ricardo; SCHEER, Sérgio. **Entendendo BIM.** Curitiba –PR. 2015. 51p.

CAMPOS, Claudia. Os progressos do BIM no Brasil e no mundo. Disponível em: Acesso em: 14 mai. 2020.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília. 2016. 124p.

CONTE, Eduardo José. **Tecnologia BIM: Aplicação no controle da Execução de Obras na Construção Civil.** Porto Alegre – RS. 2014. 93 p

COSTA, E. N. Avaliação Da Metodologia Bim Para A Compatibilização De Projetos. Universidade Federal De Ouro Preto. Ouro Preto. 2013.

DALMOLINI, Greice Jordeli; SILVA, Tarcísio Pedro da; CARDOSO, Nerian José; HEIN, Nelson. **Análise de investimentos em empresas de tecnologia: instrumentos utilizados pelas empresas de Santa Catarina. 2008.** Disponível em: <https://docplayer.com.br/5166005-Analise-de-investimentos-em-empresas-de-tecnologia-instrumentos-utilizados-pelas-empresas-de-santa-catarina.html>. Acesso em: 29 de abril de 2020.

EASTMAN, Chuck et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** 2nd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., April, 2011. 648 p.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2014. 483p.

EASTMAN, Chuck, TEICHOLZ, Paul, SACKS, Rafael, LISTON, Kathleen. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Bookman, 01/2014. [Minha Biblioteca]

EASTMAN, Chuck ... [et al.] **Manual de BIM [recurso eletrônico]: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2014. 477p. em: <<http://guiadeobras.com.br/biblioteca/textos/estrprod.htm>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

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. FIERGS / CIERGS. **Controle do Processo de Projeto na Construção Civil.** Porto Alegre, 1999, 215 p.

FREITAS, Gonçalo Andrade Freitas. **Metodologia BIM – uma nova abordagem, uma nova esperança.** Dissertação de Mestrado, Universidade da Madeira, 2014.

GIACOMELLI, Wiliana. **Compatibilização de projetos – estudo de caso.** Revista Especialize On-Line IPOG, 8ª ed, nº 9, vol. 01/2014. Goiânia, 2014.

GONÇALVES JR, Francisco de A.A. **Solução AltoQi para projetos prediais em BIM com alta produtividade e de acordo com as normas.** 2015. 58p.

HAMMARLUND, Y; JOSEPHSON, Per-Erik. **Qualidade: cada erro tem seu preço.** Trad. de Vera M. C. Fernandes Hachich. Técnica, n.1, nov/dez, 1992.

Kassem, M; Amorim, Sergio R. Leusin de. (2013). **BUILDING INFORMATION MODELING NO BRASIL E NA UNIÃO EUROPE.** Diálogos setoriais para BIM 2013. 162 p.

MARIA, Monica Mendonça. **Tecnologia BIM na Arquitetura.** São Paulo - SP. 209 108 p.

McGraw HILL CONSTRUCTION. SmartMarket Report on BIM: **Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity.** Bedford, Massachusetts: McGraw Hill Construction, 2008. 45 p.

McGraw HILL CONSTRUCTION. **SmartMarket Report on the business value of BIM for construction in major global markets: how contractors around the world are driving innovation with building information modelling.** Bedford, Massachusetts: McGraw Hill Construction, 2014. 60 p.

MEDEIROS Diego Marlo de; SOUZA Everton Valner De. **Desenvolvimento E Análise De Um Projeto Estrutural No Software Eberick.** Palhoça 2017. 189 p.

MELHADO, S. B. (coord.) **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MIKALDO JR, Jorge, SCHEER, Sergio. **Compatibilização ou Engenharia Simultânea: Qual é a melhor solução**. 2008. Tese (Mestrado Profissionalizante) – Universidade Federal do Paraná.

MIKALDO JR., J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de T.I**. Dissertação de Mestrado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2006. Minas vol.54 n.1 Ouro Preto jan./Mar. 2001.

MORAES, Ana Beatriz G. M.; TORRES JUNIOR, Rubiao G.; FURTADO, Alessandra de S. Fatores críticos da gestão do processo de projetos na engenharia simultânea: um estudo de caso em obra de infraestrutura urbana. VIII Congrego Nacional de Excelência em Gestão: IBMEC, 2012.

Multifamiliares. Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

NASCIMENTO, José. **A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil, 2014**. – Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 7ª Edição nº 007 Vol.01/2014 julho/2014. Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br/download-arquivosite.sp?arquivo=a-importancia-da-compatibilizacao-de-projetos-como-fator-de-reducao-de-custosna-construcao-civil-1711121211.pdf>>. Acesso em: 29 de abril de 2020.

NEDER, Claudia Regina Bastos. **Processo de Desenvolvimento e Coordenação de Projetos na Construção Civil: Um Estudo Multi - Caso em Empresas de Belém (PA)**. Disponível em:<<http://pt.scribd.com/doc/95425351/11/A-Importanciado-Projeto-no-Processo-Construtivo-de-Edificacoes>>. Acessado em 29 de abril de 2020.

PEREIRA, Sergio; CARDOSO, Andreia; MAIA, Bruno; SANTOS, Diogo; et al. **BIM: O que é? Mestrado Integrado em Engenharia Civil**. Universidade do Porto. 2013. 27p.

PICCHI, F.A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios. São Paulo,1993**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. REGO, Rejane de Moraes. **As Naturezas Cognitiva e Criativa da Projetação em RIGO**, Luis Felipe; PENHA, Saulo Rodrigues Lima Neuenschwander. **Aplicação de Plataforma Bim para Verificação de Interferências de Projeto em Edificações no Setor de Engenharia, Arquitetura e Construção**. CURITIBA. 2015. 53p

SANTOS, E. T. **BIM Building Information Modeling: um salto para a modernidade na Tecnologia da Informação aplicada à Construção Civil**. In: Edison Ferreira Pradini; Eleudo Esteves de Araujo Silva Junior. (Org.). criação, representação e visualização digitais: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto. 1ed. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2012, p. 25-62.

SOUZA, Andressa Silva e; BOAVENTURA, Maria Eugenia de São. **Verificação e análise de um projeto estrutural em concreto armado por meio do cálculo manual e o software Eberick: Acompanhamento da obra**. ANÁPOLIS / GO. 2017. 110 p.

SOUZA, L; LYRIO, A.; AMORIM, S. Impactos do Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário. Gestão & Tecnologia de Projetos, vol. 4, nº 2, novembro 2009.

TAVARES JUNIOR, W. **Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte.** Florianópolis, 2001. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

VERGARA, M. L.; BEIZA, R. U. **Desafios y propuestas para la implementación de Building Information Modeling em Chile.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 16, 2012, Fortaleza, Brasil. Disponível em: <http://cumincad.scix.net/data/works/att/sigradi2012_143.content.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2020.

VOLPATO, Mateus Pereira. **Modelagem, Compatibilização de Projetos e Orçamentação de um Edifício Residencial através da Metodologia BIM.** Florianópolis, 2015. 151p.

CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C.; MENDES JR., R; SCHEER, S.; FREITAS, M. C. D. Entendendo BIM. Curitiba, PR, 2015. [online]. Disponível em: <<http://www.entendendobim.com.br/>>. Acesso em 15 abr. 2021.

UNDERWOOD, J.; ISIKDAG, U. Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies: Concepts and Technologies. New York: Information Science Reference, 2009.

ANEXO – PLANTA BAIXA

