



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**



AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Ouro Preto
2013

EVELINE NUNES COSTA

**AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA A
COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto na área de Construção Metálica como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Geraldo Donizetti de Paula

COORIENTADOR: Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto

Ouro Preto
2013

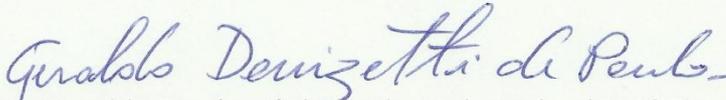
C837a	<p>Costa, Eveline Nunes. Avaliação da metodologia <i>bim</i> para a compatibilização de projetos [manuscrito] / Eveline Nunes Costa - 2013.</p> <p>84f.: il. color.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Geraldo Donizetti de Paula Coorientador: Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto</p> <p>Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Metálica.</p> <p>1. Administração de projetos - Teses. 2. Indústria de construção civil - Administração - Teses. 3. Tecnologia da informação - Teses. I. Paula, Geraldo Donizetti de. II. Peixoto, Ricardo André Fiorotti. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.</p> <p>CDU: 624:004.42</p>
-------	--

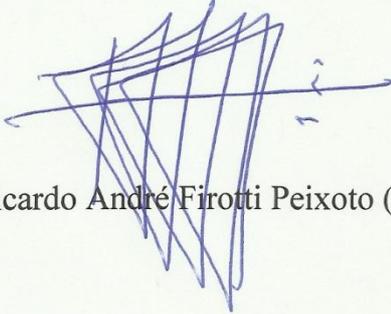
Catlogação: sisbin@sisbin.ufop.br

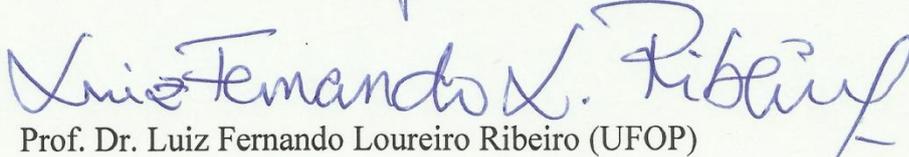
AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

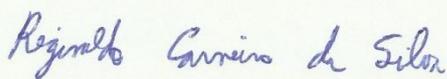
AUTORA: EVELINE NUNES COSTA

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 04 de outubro de 2013, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:


Prof. Dr. Geraldo Donizetti de Paula (Orientador / UFOP)


Prof. Dr. Ricardo André Firotti Peixoto (Orientador / UFOP)


Prof. Dr. Luiz Fernando Loureiro Ribeiro (UFOP)


Prof. Dr. Reginaldo Carneiro da Silva (UFV)

*Aos meus pais, Adelar e Wanda, meus avós Orlando,
Helma e Maria, minhas irmãs Jaqueline, Adeline e Aline,
minha sobrinha Heloany e ao André.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser a fonte de ânimo que me fez continuar, a recomeçar e a refazer até que os resultados chegassem aos seus objetivos.

À minha família, por compreender e respeitar minha ausência, me apoiar em todas as decisões e estar sempre à espera pela minha volta.

Ao André, por ter estado ao meu lado nesses últimos dois anos, pelo apoio e dedicação em todos os momentos.

Aos meus professores da UNEMAT, Tadeu e Josiani, por terem me recomendado ao mestrado e ao professor Sérgio por continuar me apoiando após a graduação.

Aos meus orientadores, professores Geraldo e Ricardo por aceitarem minha proposta de trabalho e contribuírem para a conclusão da mesma.

Ao professor Luiz Fernando Rispoli pela atenção e por disponibilizar o LAP sempre que necessário a essa pesquisa.

Aos professores Luiz Fernando Loureiro e Reginaldo Carneiro por aceitarem o convite para participação da banca e por suas sugestões para o melhoramento desse trabalho.

À Róvia, pela atenção e atendimento sempre que necessário.

À CSA Arquitetura, em especial ao Arquiteto e amigo Fernando Ilídio, pela atenção e disponibilização do material necessário para à pesquisa.

Aos amigos que fiz durante esse período, Junia, Geluzia, Wallace, Camila, Márcio, Ana Beatriz, Helena, Anderson, Priscilla e Vanessa pela amizade e apoio.

Aos amigos dos grupos e fóruns de discussões na internet, em especial ao "Projetista Revit" e ao Leonardo Manzione, por estarem sempre dispostos a compartilhar seus conhecimentos e esclarecer dúvidas.

Ao PROPEC, pela oportunidade de realizar esse mestrado e os conhecimentos passados.

À CAPES, pelo apoio financeiro por meio da bolsa que viabilizou esse período de estudos.

Ao CNPQ, Fundação Gorceix, FAPEMIG e demais instituições que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento desse trabalho.

*“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a
eletricidade e a energia atômica: a vontade!”
Albert Einstein*

RESUMO

Essa pesquisa se propõe a avaliar a metodologia BIM (*Building Information Modeling*) no processo de compatibilização de projetos, buscando identificar os aspectos positivos e relevantes desse sistema e as dificuldades de sua implantação na construção civil nacional. Tal avaliação se deu a partir de um estudo de caso realizado com um projeto de edificação educacional não compatibilizado, modelando-o dentro de um software com interface BIM em três disciplinas distintas, arquitetura, estrutura e elétrica. A partir dessa modelagem foi possível traçar os requisitos básicos para o desenvolvimento de projetos dentro de um software BIM, introduzindo essa etapa no processo de projeto. Dessa etapa pode-se concluir que o BIM dentro do processo de projeto aplicado à compatibilização é vantajoso desde que utilizado por todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento dos diferentes projetos, visto ser essa uma das principais causas pela qual os profissionais acabam não utilizando essa metodologia. O que se percebeu também como empecilho foi o alto custo de implantação dos softwares e treinamento especializado, apontando para uma necessidade das bases formadoras, as faculdades de engenharia e arquitetura, investirem no processo de capacitação de seus alunos e em pesquisas para o desenvolvimento de softwares livres que contemplem o BIM em sua interface. Acredita-se que essa pesquisa possa servir de base para estudantes e profissionais que se interessem pela ampliação dos conhecimentos em BIM e desejem continuar pesquisas que objetivem firmar essa metodologia no processo de projeto.

Palavras-chave: Compatibilização Projetual; Conceito BIM; Modelagem 3D.

ABSTRACT

This research aims to evaluate the BIM (Building Information Modeling) methodology in projects' compatibilization process, seeking to identify the positive and relevant aspects of this system and the difficulties of its implementation in national construction. This evaluation was made from a case study conducted with a non-compatibilized educational building project, shaping it in a BIM interface software in three distinct disciplines, architecture, structure and electrical. From this model it was possible to outline the basic requirements for the development of projects within a BIM software, introducing this step in the design process. From this step it can be concluded that BIM within the design process applied to the compatibility is advantageous when used by all professionals involved in the development of projects, which is a major reason why the professionals generally don't use this methodology. Another hindrance noted was the high cost of software implementation and specialized training, what points to a need that the forming bases, the engineering and architecture colleges, invest in the training of their students and in researches that aim to the development of free software with BIM in its interface. It is believed that this research will provide the basis for students and professionals who are interested in the expansion of knowledge in BIM and wish to continue researches that aim to establish this methodology in the design process.

Keywords: Projetal Compatibility; BIM Concept; 3D modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Capacidade de influenciar os custos do empreendimento.....	19
Figura 2.2: Arranjo tradicional de equipe de projeto.....	22
Figura 2.3: Arranjo multidisciplinar da equipe de projeto.....	23
Figura 2.4: Esquema genérico do arranjo multidisciplinar com BIM.....	24
Figura 3.1: Tempo total para as atividades genéricas nos dois métodos.....	28
Figura 3.2: Interferência entre projetos.....	30
Figura 4.1: Ciclo de projetos BIM.....	38
Figura 4.2: Pré-requisitos para o BIM.....	39
Figura 4.3: Análise Conceitual realizada no Revit Structural.....	43
Figura 4.4: Utilização de soluções BIM.....	44
Figura 4.5: Modelo tridimensional confeccionado no ArchiCad.....	44
Figura 4.6: Modelo estrutural do CypeCAD.....	45
Figura 4.7: Dificuldades de implantação do BIM.....	46
Figura 4.8: Motivo pelo qual a empresa ainda não optou pelo BIM.....	47
Figura 5.1: Implantação do conjunto arquitetônico. Edifício de estudo em vermelho.....	51
Figura 5.2: Corte esquemático.....	52
Figura 5.3: Planta baixa pavimento térreo.....	52
Figura 5.4: Planta baixa pavimento tipo - 2º ao 5º andar.....	53
Figura 5.5: Modelos de estrutura, instalações elétricas e arquitetura.....	56
Figura 5.6: Grupo de paredes utilizadas no projeto e barra de propriedades.....	57
Figura 5.7: Modelo de arquitetura.....	58
Figura 5.8: Furos prévios nas vigas.....	59
Figura 5.9: Modelo de estruturas.....	60
Figura 5.10: Incompatibilidade entre paredes dos projetos de arquitetura e elétrico.....	61
Figura 5.11: Detalhe do modelo de instalações elétricas.....	61
Figura 5.12: Modelo final para compatibilização.....	63
Figura 5.13: Ferramenta para detecção de interferências entre modelos.....	63
Figura 5.14: Escolha das categorias a serem verificadas.....	64
Figura 5.15: Relatório de interferências evidenciando os elementos conflitantes.....	65

Figura 5.16: Modelo do relatório de interferências	66
Figura 5.17: Planta baixa indicativa dos erros encontrados na compatibilização	68
Figura 5.18: Detecção de incompatibilidades em planta	69
Figura 5.19: Interferência da bandeja de cabos (azul) com o pilar estrutural (laranja)	70
Figura 5.20: Detecção de interferência em vista tridimensional	71
Figura 5.21: Detalhe da eletrocalha passando pela viga	72
Figura 5.22: Detecção de interferência entre conduítes e viga estrutural	72
Figura 5.23: Interferência entre bandeja de cabos e paredes.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Etapas do Processo de Projeto.....	20
Quadro 4.1: Softwares com Interface BIM	42
Quadro 5.1: Dados do Empreendimento	51
Quadro 5.2: Matriz para Verificação de Interferências.....	64
Quadro 5.3: Principais Interferências Encontradas.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AsBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BIM - Building Information Modeling

CAD - Computer aided design (Desenho Assistido por computador)

CAM - Computer Aided Manufacturing (Manufatura Auxiliada por Computador)

HTML - *HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)*

IAI - International Alliance for Interoperability

MIT - Massachusetts Institute of Technology

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.

SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil

PMBOK - Project Management Body of Knowledge

TI - Tecnologia de Informação

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	12
1.1. APRESENTAÇÃO	12
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.3. JUSTIFICATIVA	14
1.4. PROCESSO METODOLÓGICO.....	16
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	17
CAPÍTULO 2 - O PROCESSO DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES	18
2.1 AS ETAPAS DO PROCESSO DE PROJETO	19
2.2 ARRANJOS DAS EQUIPES DE TRABALHO	22
CAPÍTULO 3 - A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	25
3.1 METODOLOGIA DE COMPATIBILIZAÇÃO	27
3.2 SISTEMAS EXTRANET	30
CAPÍTULO 4 - A TECNOLOGIA BIM	32
4.1 CAD GEOMÉTRICO	33
4.2 CAD 3D - MAQUETES ELETRÔNICAS	34
4.3 CAD 4D e nD	35
4.4 CAD BIM - MODELAGEM PARAMÉTRICA	35
4.5 METODOLOGIA BIM.....	37
4.6 A INTEROPERABILIDADE	40
4.7 IFC – INDUSTRY FOUNDATION CLASSES	40
4.8 IFD - INTERNATIONAL FRAMEWORK DICTIONARY	41
4.9 OS SOTWARES PARAMÉTRICOS	42
4.10 BARREIRAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO BIM	45
CAPÍTULO 5 - ESTUDO DE CASO	50
5.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	51
5.2 ESCOLHA DO SOFTWARE DE INTERFACE BIM.....	54
5.3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE INFORMAÇÃO	55
5.3.1 Desenvolvimento do modelo de Arquitetura.....	56

5.3.2	Desenvolvimento do Modelo de Estrutura	58
5.3.3	Desenvolvimento do Modelo de Elétrica	60
5.4	COMPATIBILIZAÇÃO	62
5.5	INTERFERENCIAS DETECTADAS	66
5.6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	74
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES		78
6.1	CONCLUSÕES	78
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	79
REFERENCIAS		80

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

Na construção civil, as fases necessárias para o planejamento e a construção de um empreendimento envolvem profissionais de áreas distintas com um objetivo comum (COELHO; NOVAES, 2008). Antigamente, esse processo era facilitado, pois as relações entre os variados agentes produtores dos projetos referentes a uma edificação eram mais restritas. Com o aumento da demanda de profissionais e expansão do setor, os profissionais passaram a trabalhar cada um em uma disciplina específica, originando a terceirização dentro desse processo. A complexidade dos projetos gerados pela evolução da tecnologia e hábitos modernos segmentou as etapas do desenvolvimento dos projetos e prejudicou ao longo do tempo, a comunicação e a integração das equipes que tinha com o objetivo proporcionar soluções racionais (MIKALDO JR., 2006).

A partir daí começaram a surgir problemas de incompatibilidade entre diferentes projetos de uma edificação que, na maioria das vezes, só eram percebidos e solucionados no canteiro de obras, ocasionando gastos não planejados e alongamento no tempo final de execução da obra.

Os erros originados na etapa de confecção do projeto são apontados por Maciel e Melhado (1996) como responsáveis por 60% das patologias na construção. Grande parte desses erros é ocasionada por incompatibilidade entre os projetos de diferentes segmentos.

O CAD bidimensional ainda é a ferramenta mais comum no desenvolvimento de projetos, tanto na arquitetura quanto nos demais projetos, com o objetivo de obter a documentação final do projeto, representando o conteúdo técnico das diferentes disciplinas, o que torna a informação fragmentada entre os diversos projetos e seus documentos (FERREIRA; SANTOS, 2007 *apud* GOES, 2011).

A velocidade das informações gera clientes cada vez mais exigentes e focados em suas necessidades, cabendo ao profissional da construção que deseja competir no mercado acompanhar esse processo evolutivo. O que tornará um profissional capaz de competir será sua capacidade de apresentar soluções que, em princípio, atendam a um programa proposto pelo cliente, nos aspectos funcionais, técnicos e econômicos (ROSSO, 1980).

A compatibilização de projetos é uma alternativa para se resolver parte dos erros originados na etapa de projeto das edificações, buscando gerenciar e integrar os vários projetos de determinada obra, visando o perfeito ajuste entre os mesmos, com o objetivo de minimizar os conflitos existentes, simplificando a execução, otimizando e racionalizando os materiais, o tempo, a mão de obra e por fim a manutenção (CALLEGARI, 2007).

O processo mais comum atualmente para se compatibilizar um projeto é através da sobreposição das diferentes plantas e verificar a olho nu se existe alguma interferência. Porém, além de desgastante, esse processo pode ignorar alguns erros que só aparecem em vistas tridimensionais.

Uma segunda metodologia, que tem se mostrado mais eficiente na resolução de problemas com incompatibilidades tem sido estudadas nas últimas três décadas, porém com pouco desenvolvimento no Brasil. Trata-se da metodologia/conceito BIM (Building Information Modeling), ou como é conhecida nacionalmente, Modelagem de Informação da Construção. Trata-se de um conceito inicialmente estudado por Charles Eastman que trabalha com a parametrização dos elementos da edificação, partindo de um modelo tridimensional, ao contrário de como são realizados atualmente os projetos, bidimensionalmente. A tridimensionalidade já é muito utilizada em projetos, porém somente como ferramenta para demonstração volumétrica da edificação acabada, destinada a fins puramente estéticos.

O conceito inicial de Eastman foi transformado em metodologia e aplicado a softwares derivados do conhecido sistema CAD, criando uma forma nova de se projetar e oferecendo aos profissionais da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), uma alternativa aos métodos tradicionais de compatibilização.

Goes (2011) afirma que a indústria internacional desenvolveu nos últimos anos inúmeras pesquisas voltadas para a construção civil que apontam para o uso de modelos tridimensionais de informação da construção. A implantação de sistemas integrados, uma realidade já adaptada pelo mercado internacional, representa uma mudança estrutural e técnica do processo de projeto. Porém, embora haja pesquisas avançadas sobre o assunto, o BIM e mesmo o CAD tridimensional ainda são pouco utilizados na indústria da construção civil no Brasil.

1.2. OBJETIVOS

Essa pesquisa visa, dentro do conceito apresentado anteriormente, avaliar a viabilidade em se substituir a forma tradicional de projeto e gerenciamento pelo BIM e se esse método realmente é vantajoso para o processo de compatibilização de projetos e consequente minimização de interferências entre as várias disciplinas.

Como objetivos específicos, buscou-se:

- a) Avaliar o potencial de um software com interface BIM para o processo de compatibilização de projetos.
- b) Utilizar como objeto de estudo uma edificação, compatibilizando-a dentro da metodologia BIM.
- c) Identificar erros recorrentes de incompatibilidades no projeto e verificar se o método proposto é adequado para que tais incompatibilidades sejam detectadas.
- d) Contribuir para o processo de desenvolvimento da metodologia BIM e sua efetiva utilização na construção civil, discorrendo sobre suas vantagens como alternativa aos processos tradicionais de projeto.

1.3. JUSTIFICATIVA

A evolução dos processos construtivos resultou em crescente industrialização da construção, contribuindo para a redução do tempo gasto na execução. Nesse novo modelo grande parte da estrutura da edificação é produzida fora do canteiro de obras e levado apenas no final, direto para a montagem. Dessa forma não se permite mudanças nos formatos das peças e quando isso acontece pode acabar comprometendo a qualidade da mesma. Subentendem-se assim que não devem ocorrer erros no processo de execução, pois não se tem como consertar.

Esses erros, na maioria das vezes vêm da incompatibilidade entre projetos e, para que isso não aconteça é importante realizar uma compatibilização dos mesmos. Porém, o processo de compatibilização é muitas vezes descartado pelas empresas pelo tempo gasto ou

necessidade de contratação de um profissional específico para realizar esse serviço, o que é visto como um gasto a mais, apesar do o custo-benefício compensar o valor final da obra.

O processo atual de compatibilização nacional atravessa uma fase de inovação, passando de uma metodologia bidimensional para uma tridimensional mais completa. Esse processo é dificultado muitas vezes pelo desconhecimento dos profissionais, que se sentem mais confortáveis utilizando um método já conhecido e amplamente dominado pelos projetistas. Contudo, a utilização da tecnologia de informação pode verificar interferências com mais precisão e facilidade que os métodos tradicionais de desenho 2D. Como é utilizado um banco de dados central da modelagem do edifício, este é utilizado por todas as disciplinas, minimizando erros e consequente tempo de projeto, além de que os desenhos em 3D são bem mais claros (MONTEIRO, 2012).

Essa tridimensionalidade é representada por um sistema BIM, que mantém um banco de dados onde exhibe a geometria dos elementos construtivos em três dimensões e armazena seus atributos, transmitindo mais informações que os modelos CAD tradicionais. Como os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade (FLORIO, 2007).

Já em 1996, a pesquisa de Shih apontou que a coordenação de projetos baseada em representações bidimensionais consome um tempo significativo do processo de desenvolvimento de projetos. Além do consumo de tempo em uma atividade de gestão relativamente cara, o método em 2D carrega outras limitações, tais como pouca consistência entre as diversas informações (planta, corte e elevação) e baixa eficiência na produção de desenhos. Erros e omissões nas documentações podem gerar custos inesperados, atrasos e até processos judiciais contra projetistas (EASTMAN *et al.*, 2008).

Ferreira (2007) expõe que uma característica relevante da representação 2D, em planta ou elevação, é que esta é apenas uma parte de um todo. Ao ser visualizada, uma parte significativa desse todo é subentendida através de convenções e notações. Ou seja, uma planta é uma parte da informação espacial, com vista de um ponto específico e para uma parte limitada do espaço. Na compatibilização, essas limitações geram uma grande carga de trabalho e com alto risco de interpretações erradas, comprometendo, em última instância, a qualidade do projeto.

Ainda segundo a autora, o processo de representação realística dos objetos (em CAD 3D) ajuda no envolvimento de diversos participantes com conhecimentos distintos, proporcionando o enriquecimento do processo de desenvolvimento do projeto e do produto.

Na tentativa de suprimir as limitações bidimensionais, a tecnologia é potencialmente utilizada como alternativa aos processos tradicionais de projetos, em especial na fase de compatibilização, ultrapassando a tridimensionalidade geométrica do CAD incorporando a simulação virtual do processo de construção. A metodologia BIM é capaz de agregar todo o processo de projeto, permitindo maior colaboração entre os projetistas, abrangendo todo o ciclo de vida do projeto.

1.4. PROCESSO METODOLÓGICO

Diante dos objetivos identificados, buscou-se organizar a metodologia levantando evidências que sustentem a proposição de que o BIM como metodologia de compatibilização é realmente eficiente e vantajoso para essa etapa do processo de projeto. Assim, formata-se essa pesquisa dentro das seguintes etapas:

- Revisão da literatura a fim de fundamentar o processo de compatibilização dentro do processo de projeto, tecnologias envolvidas, conceituação do BIM, sua aplicabilidade dentro do processo de compatibilização e sua utilização na indústria nacional e internacional.
- Caracterização do processo de compatibilização tradicional e ferramentas de modelagem da informação da construção.
- Realização de um estudo de caso com um projeto existente, lançando-o em um software com interface BIM, modelando tridimensionalmente as disciplinas de arquitetura, estrutura e instalações elétricas, gerando ao final desse processo, um relatório de incompatibilidades a fim de identificar possíveis interferências físicas entre os projetos.
- Discussão sobre os resultados e conclusões obtidas com o estudo.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Além da introdução, esta dissertação está organizada em mais três partes: revisão bibliográfica, desenvolvimento da proposta e conclusão.

O segundo, terceiro e quarto capítulos referem-se à revisão bibliográfica dessa pesquisa. O segundo capítulo contextualiza o atual processo de projeto, as etapas envolvidas no seu desenvolvimento e o arranjo tradicional das equipes de projeto, inserindo a compatibilização como uma etapa a mais nesse processo.

No terceiro capítulo são abordados os modelos de compatibilização tradicional, os resultados de estudos realizados nessa área, bem como dificuldades e sugestões para otimização dessa etapa.

No quarto capítulo a tecnologia BIM é referenciada e introduzida no processo de compatibilização, apresentando-se um histórico do desenvolvimento dessa tecnologia e seu método de trabalho, avaliando como isso afetou a estrutura atual da produção de projetos. Aborda também os softwares disponíveis no mercado e possíveis causas que dificultam sua implantação.

No quinto capítulo é apresentado o estudo de caso realizado com uma obra de uma edificação educacional em concreto armado. O projeto foi escolhido pela facilidade de comunicação com o projetista responsável. Apresenta-se um breve relato da escolha do software para compatibilização em BIM, o processo de construção do modelo tridimensional, embates e dificuldades. Ao final da modelagem os arquivos das várias disciplinas (arquitetura, estrutura e elétrica) são vinculados e então são escolhidos os elementos (paredes, pilares, vigas, pisos, etc) aos quais se deseja verificar interferências. O programa gera automaticamente um relatório de interferências, porém é necessário analisar cautelosamente, pois alguns erros podem ser decorrentes de erros no momento da modelagem, devendo assim, ser corrigidos e ignorados. O relatório final com base no relatório gerado pelo programa é apresentado com imagens, quando possível, das interferências. Ao final são apresentadas as análises relativas ao processo de desenvolvimento da pesquisa e as considerações a serem feitas.

O sexto capítulo é referente às considerações finais alcançadas com o desenvolvimento do estudo, sendo apresentadas as conclusões principais e as perspectivas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - O PROCESSO DE PROJETO DE **EDIFICAÇÕES**

A tarefa de elaboração de um projeto de edifícios compreende diversas etapas com características próprias, interagindo com diferentes agentes e voltadas para um determinado objetivo. Esse processo muitas das vezes é desvalorizado e o resultado é refletido na execução da edificação, estendendo prazos e gerando mais custos. Em países em que o processo de projeto é valorizado, vemos um maior tempo gasto nesse processo do que na execução, ao contrário do que ocorre no Brasil, onde muitas das obras iniciam-se antes mesmo da finalização do projeto de arquitetura.

Existe uma grande necessidade no setor da construção civil de aperfeiçoar a elaboração dos projetos de edificações a fim de interagir com a execução no sentido de aperfeiçoar e agregar valor ao empreendimento como produto final. Em função disso deve-se tratar o projeto como elemento fundamental na concepção de um empreendimento (SOUZA *et al.*, 1995).

Para Melhado (1994), o papel do projeto é desenvolver, organizar, registrar e transmitir as características técnicas e volumétricas do produto para serem utilizadas em sua execução. É uma representação das características do edifício e seus processos construtivos que serão interpretados na fase de construção (GOES, 2011).

Porém, o que ocorre é uma frequente dissociação entre a atividade de projeto e a de construção, sendo que o projeto geralmente é entendido como instrumento, comprimindo-se o seu prazo e custo, com um aprofundamento mínimo com um conteúdo quase que meramente legal, a ponto de torná-lo simplesmente indicativo e postergando-se grande parte das decisões para a etapa de obra (MELHADO; VIOLANI, 1992).

A Figura 2.1 retrata algumas considerações do Construction Industry Institute (1987), a respeito da importância das fases iniciais do empreendimento, demonstrando como a capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento é maior nas fases de projeto que na execução da obra.

Segundo Melhado (2005), o projeto na fase inicial de um empreendimento tem que ser priorizado, mesmo que necessário um maior investimento inicial e um tempo maior

para a sua elaboração, pois é com um projeto bem feito que se evita maior custo mensal no empreendimento.

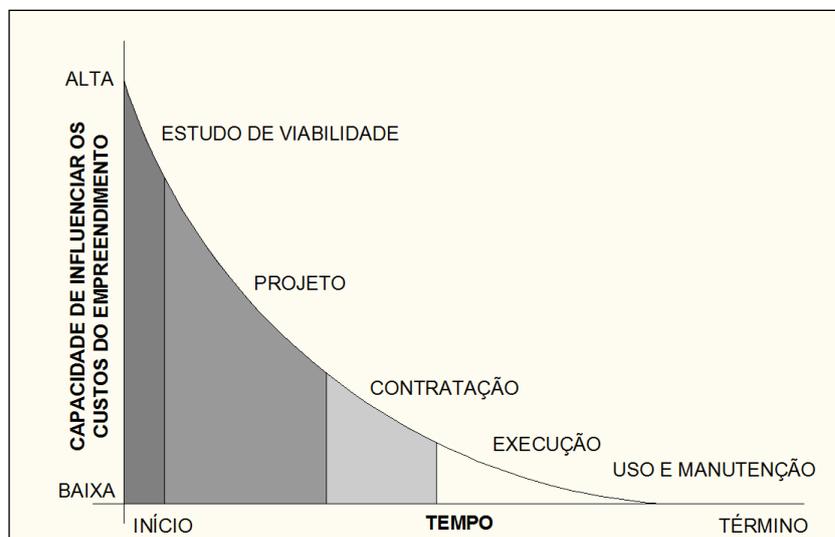


Figura 2.1: Capacidade de influenciar os custos do empreendimento ao longo das fases
Fonte: Adaptado de CII, 1987

Assim sendo, é de extrema importância que nessa fase do empreendimento, sejam focalizados os esforços para otimizar o processo de execução, definindo-se os custos futuros e gerenciando os projetos a fim de evitar erros. Nesse contexto, a capacidade de prever e eliminar erros entre os projetos é oferecida pelo processo de compatibilização, que melhora a qualidade e aumenta a racionalização da obra, buscando transmitir ao produto final aspecto de eficiência e controle.

2.1 AS ETAPAS DO PROCESSO DE PROJETO

As etapas constituintes de um projeto devem ser padronizadas para facilitar a comunicação entre os diversos projetistas envolvidos em um empreendimento.

Segundo o Guia do PMBOK (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2000), um projeto pode ser dividido em fases que marcam a entrega de produtos intermediários e possibilitam o amadurecimento gradual do produto final. De acordo com Melhado (2005), o processo de projeto se inicia a partir de um cliente, visto pela ótica das suas necessidades e expectativas, e termina no cliente-usuário, com o desempenho do produto ou serviço - que deve atender às necessidades e expectativas inicialmente formuladas.

O Quadro 2.1 apresenta as etapas que constituem o processo de projeto segundo a NBR 13.351, o SINDUSCON e a AsBEA.

Quadro 2. 1: Etapas do processo de projeto.

ETAPAS DO PROCESSO DE PROJETO			
NBR 13.531	SINDUSCON	AsBEA	
LEVANTAMENTO DE DADOS	INTENÇÃO- CLIENTE	LEVANTAMENTO DE DADOS	
	LEVANTAMENTOS		
PROGRAMA DE NECESSIDADES	DIRETRIZES		
ESTUDO DE VIABILIDADE	ESTUDO DE VIABILIDADE		
ESTUDO PRELIMINAR	ESTUDO PRELIMINAR	ESTUDO PRELIMINAR	
ANTEPROJETO E/OU PRÉ-EXECUÇÃO	1ª COMPATIBILIZAÇÃO	ANTEPROJETO	
	ANTEPROJETO		
PROJETO LEGAL	2ª COMPATIBILIZAÇÃO	PROJETO LEGAL	
	PROJETO LEGAL		
	3ª COMPATIBILIZAÇÃO		
PROJETO EXECUTIVO	PROJETO EXECUTIVO	PROJETO EXECUTIVO	PRÉ-EXECUÇÃO
			PROJETO BÁSICO
			COMPATIBILIZAÇÃO E COORDENAÇÃO
			CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES
			DETALHAMENTO
	REVISÃO FINAL - OBRA		

A NBR 13.351 - "Elaboração de Projetos de Edificações" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), fixa condições exigíveis para a elaboração

de projetos de arquitetura para a construção de edificações, definindo as seguintes etapas: levantamento de dados; programa de necessidades; estudo de viabilidade; estudo preliminar; anteprojeto ou pré-execução; projeto legal e projeto executivo.

Já o SINDUSCON (1995) *apud* Mikaldo Jr. (2006) apresenta a compatibilização como uma etapa a mais do projeto, subdividindo o processo de projeto em três fases que sucedem as fases de estudo preliminar, anteprojeto e projeto legal.

Já a definição dada pela AsBEA (2000) é mais simples nas primeiras etapas, subdividindo o projeto executivo em cinco fases, incluindo a compatibilização.

Assim sendo, pelas etapas apresentadas, seguem as definições das que podem ser consideradas como base, já que são apresentadas por mais de um autor, tomando por base as definições dada pela AsBEA.

- Levantamento de dados - coleta de informações capaz de delinear o objeto e proporcionar elementos para estudos de viabilidade.
- Estudo preliminar - tem por objetivo apresentar soluções para o partido arquitetônico e obter aprovação inicial do cliente para continuação do processo.
- Anteprojeto - é o resultado final da solução arquitetônica e informações técnicas necessárias ao inter-relacionamento com os demais projetos. Nessa etapa são contratados também os anteprojetos de estruturas, instalações e demais projetos necessários.
- Projeto Legal - tem o objetivo de obter licenças e alvarás da obra, de acordo com as normas vigentes, da prefeitura, órgãos de preservação, patrimônio, corpo de bombeiros, ANVISA e outros.
- Projeto Executivo - nessa etapa são desenvolvidos os projetos executivos de arquitetura, terraplanagem, drenagens externas e sistemas viário, paisagismo, fundações, estruturas, instalações elétricas e hidráulicas, climatização (ar condicionado, ventilação forçada e de sistemas mecânicos plataformas elevatórias, elevadores e monta-cargas). Tem de apresentar o detalhamento dos projetos e elementos do empreendimento, cujo resultado deve ser um projeto compatibilizado e resolvido em todos os seus aspectos.
- "As built" - mesmo não sendo considerada como uma etapa de projeto por nenhum dos três autores estudados, essa etapa é importante para o gerenciamento pós-execução da edificação. Trata da documentação das medidas existentes na edificação, transformando em desenhos técnicos todas as informações encontradas que se relacionam com o edifício.

É a revisão final nos desenhos de projeto, incorporando todas as adaptações feitas no canteiro de obras, para espelharem fielmente o que foi efetivamente construído.

A quantidade de projetos envolvidos é contratada de acordo com o tamanho e complexidade do projeto, podendo variar, porém seguindo sempre as etapas apresentadas. Rodriguez e Heineck (2001) defendem que a compatibilização deve acontecer em todas as etapas, indo de uma integração geral das soluções até as verificações de interferências.

2.2 ARRANJOS DAS EQUIPES DE TRABALHO

No arranjo tradicional de equipes de projeto (Figura 2.2), as responsabilidades de projeto são distribuídas entre diversos especialistas, incumbidos de parcelas cada vez menores do todo, dependentes de informações de terceiros, cujas definições provocam interferências múltiplas.

Nesse tipo de arranjo, percebe-se que o arquiteto está responsável por atender às exigências legais e dar diretrizes aos projetistas complementares. As informações são produzidas de maneira linear e paralela. Os projetos de cada disciplina são produzidos separadamente, para depois serem reunidos no final do projeto. O desenvolvimento dos projetos complementares é realizado com base em projetos que ainda estão em desenvolvimento, dificultando o controle de arquivos ou desenhos utilizados como referência em cada disciplina (GOES, 2011).

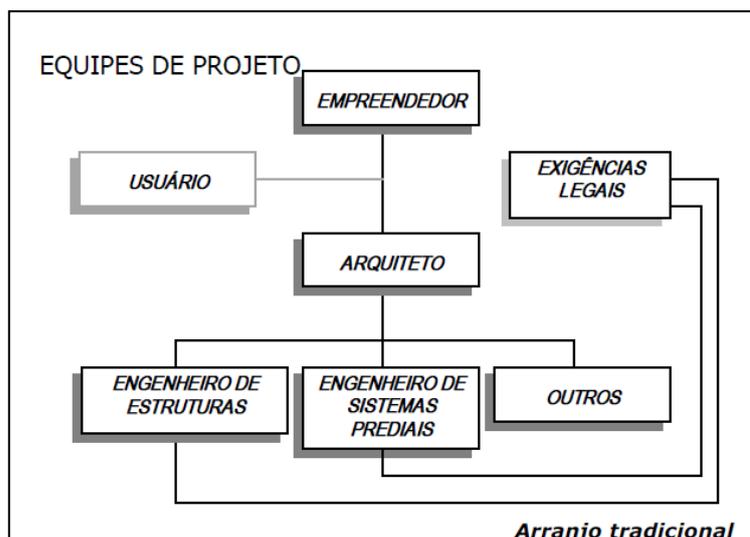


Figura 2.2: Arranjo tradicional de equipe de projeto
Fonte: Melhado, 2005

Na proposta do arranjo da equipe de projeto multidisciplinar, o arquiteto faz parte da equipe, mas aparece um novo participante que é o Coordenador de Projeto (Figura 2.3), que coordena todas as atividades do processo de projeto e interage com todos os intervenientes do processo a fim de buscar soluções integradas (MIKALDO JR., 2006). O coordenador de projetos tem de buscar a manutenção da unidade e a reciprocidade do processo, para permear as informações em todas as etapas do projeto, incluindo ainda a compatibilização dos diversos projetos.

Para Melhado (2005), o coordenador de projetos tem que possuir um amplo conhecimento multidisciplinar (incluindo produto e produção) e uma elevada capacidade de gerenciar o processo e integrar profissionais das equipes de projeto e seus trabalhos.

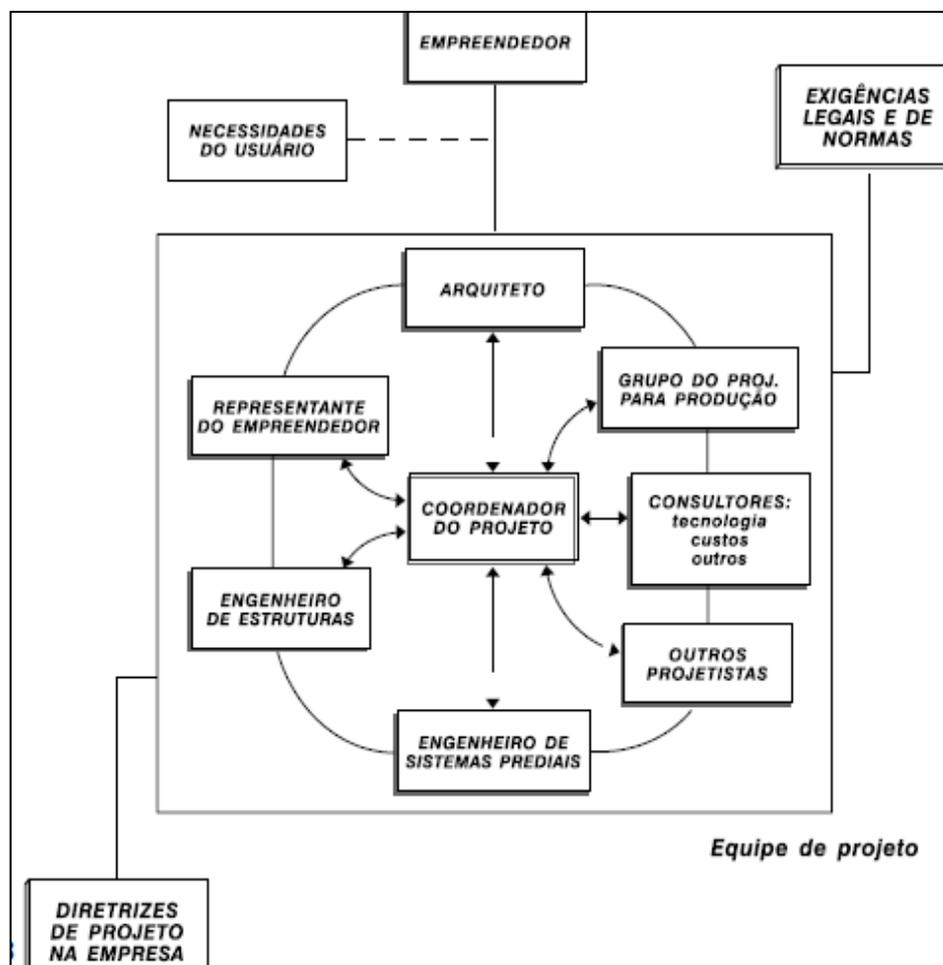


Figura 2.3: Arranjo multidisciplinar da equipe de projeto
Fonte: Melhado, 2005

Nesse contexto, a tecnologia pode ser vista como um importante auxílio ao coordenador para a interação da equipe de projeto. O uso de modelos tridimensionais pode auxiliar o desenvolvimento de projetos, facilitando a troca de informações e dados de projeto entre o coordenador e os projetistas. Ao criar uma base comum para os projetos, estes passam a ser integrados, ao invés de desenvolvidos fragmentada e paralelamente. Assim, o foco passa a ser o projeto (modelo) e não somente o documento (desenhos) (FERREIRA, 2007).

Para isso pode-se utilizar como o BIM, que trabalha gerenciando todos os projetos em um único modelo, facilitando a troca de informações entre os profissionais envolvidos (Figura 2.4).

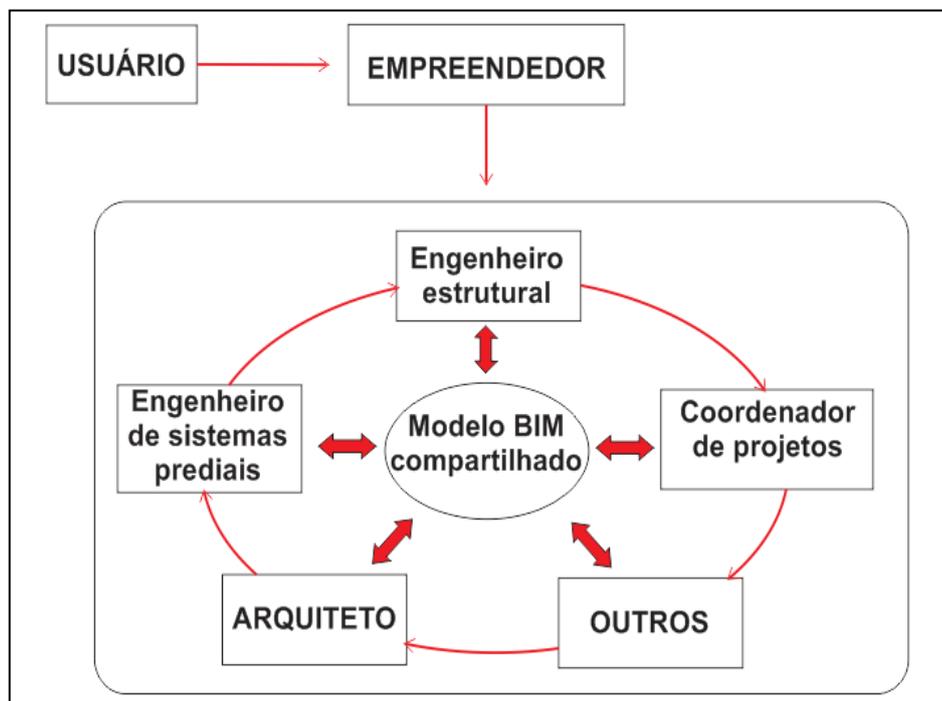


Figura 2.4: Arranjo multidisciplinar com BIM

É importante atentar para o fato de que a tecnologia por si só não tem o poder de resolver todos os problemas da gestão de informação durante toda a vida da edificação. É fundamental ter essa compreensão para entender a necessidade de se analisar e atualizar os processos envolvidos, revendo a função de cada seguimento no processo de modelagem. A participação multidisciplinar integrada na concepção da edificação deve promover a compreensão global do modelo, mobilizando a transferência contínua de conhecimento entre os diversos participantes (CHECCUCCI, 2011).

CAPÍTULO 3 - A COMPATIBILIZAÇÃO DE

PROJETOS

Em meados dos anos 60, devido ao aumento da demanda imobiliária, os escritórios de projeto começaram a se especializar em diferentes segmentos, como arquitetura, estrutura e instalações, com profissionais que antes trabalhavam em conjunto em empresas que construíam e coordenavam o desenvolvimento de seus projetos.

Isso deu certo a princípio, pois os profissionais conheciam todas as condicionantes para o desenvolvimento de uma edificação, abrangendo todas as especialidades envolvidas, porém com o passar do tempo esse conhecimento generalizado foi se perdendo e os profissionais cada vez mais se especializando em áreas distintas, distanciando-os dos sistemas por eles projetados. Como consequência, os projetos passaram a apresentar incompatibilidades que só eram perceptíveis na obra.

Isso só foi abordado em meados dos anos 80, quando as empresas e segmentos perceberam a necessidade de compatibilizar os projetos, contratando coordenadores ou equipes especiais, aumentando os custos das construtoras e dos projetistas, já que o trabalho de compatibilização exigia maior dedicação de ambas as partes.

Melhado (2005) conclui que o processo de projeto tradicional segmenta as diversas disciplinas que geram um produto final, onde os agentes produtores trabalham apenas dentro de suas respectivas especialidades, não atentando para a visão macro do desenvolvimento do produto e seus impactos nas diversas disciplinas, resultando um produto final com baixa qualidade.

Para Mikaldo Jr. (2006), um dos principais motivos que fizeram surgir a necessidade de coordenar e compatibilizar projetos foi a separação conceitual entre as atividades de projeto e de execução ao longo das últimas décadas.

Dessa forma, a compatibilização de projetos é a atividade que integra todos os projetos de uma edificação buscando o ajuste perfeito entre eles para garantir um padrão de qualidade final à obra. Esse processo é realizado através da sobreposição dos diferentes projetos, verificando-se possíveis interferências e problemas, devendo ser realizada após a finalização de cada etapa de projeto (MELHADO, 2005).

Sousa (2010) afirma que a compatibilização de projetos, tem sido considerada como a melhor abordagem para resolver com sucesso os problemas de fragmentação do sub-setor de edificações, reduzindo assim um dos seus principais problemas: as interferências físicas, perdas de funcionalidade e recursos decorrentes de incompatibilidades de projetos. Esta abordagem atenta para o uso de meios para gerenciar e manipular dados, tanto geométricos quanto não geométricos, facilitando o processo de construção através de um processo integrado.

Assim, passou-se a trabalhar o conceito de compatibilização como uma atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, buscando o aperfeiçoamento do ajuste entre os mesmos e alcançando padrões de controle de qualidade total de determinada obra (SINDUSCON-PR, 1995 *apud* MIKALDO JR., 2006).

A compatibilização de projetos prioriza eliminar ou minimizar os conflitos entre os projetos referentes a determinada obra, simplificando e otimizando a utilização de materiais e mão de obra, bem como a subsequente manutenção (VANI, 1999).

Este procedimento deve ser realizado no âmbito da coordenação de projetos, com o intuito de conciliar física, geométrica, tecnológica e produtivamente os componentes que interagem nos elementos verticais e horizontais das edificações. Esses procedimentos constituem um importante fator de melhoria da construtibilidade e da racionalização construtiva por promover a integração dos diversos agentes e especialidades com a produção (NOVAES, 1998 *apud* MIKALDO JR., 2006).

De acordo com Lockhart e Johnson (2000), o processo de compatibilização corresponde à iteração entre refinamento e análise. Este processo é dinâmico e cíclico, repetindo-se desde as fases iniciais até as finais, de modo que a compatibilização é parte intrínseca do desenvolvimento de projetos. Novaes (1998) também concorda que a compatibilização deva ocorrer em todas as etapas do projeto, constituindo um importante fator de melhoria da construtibilidade e da racionalização devido à integração dos diversos agentes e disciplinas dentro do projeto.

3.1 METODOLOGIA DE COMPATIBILIZAÇÃO

A maior parte das empresas que trabalham com compatibilização de projetos utiliza o processo tradicional através da sobreposição de "layers" de diferentes disciplinas em um único arquivo no AutoCad, desligando os layers que não fazem parte dos sistemas, determinando a olho nu as possíveis interferências.

A compatibilização de projetos através da superposição de plantas em 2D tem fortes limitações, principalmente entre as interfaces dos projetos hidrossanitários e elétricos, devido à dificuldade de visualização de tubos e eletrodutos, fazendo com que sejam detectadas apenas incompatibilidades mais evidentes (SOUSA, 2010).

Para Ferreira (2007) essas limitações da metodologia bidimensional são mais comprometedoras para a qualidade do processo de desenvolvimento de projetos na medida em que este tipo de recurso é utilizado para a comunicação entre projetistas de diferentes especialidades. As questões de ambiguidade, por exemplo, podem causar interpretações errôneas por especialistas de outras áreas que não partilham do mesmo conhecimento. O processo de projeto, muitas vezes, envolve profissionais que não são da área de engenharia, ligados à administração do negócio, que por vezes tem que consultar documentos técnicos e gerar pedidos de compras ou executar outros procedimentos.

Ferreira (2007) desenvolveu uma pesquisa em que buscou identificar possíveis vantagens do uso do CAD 3D em projeto, comparando-se ao CAD 2D. A metodologia escolhida partiu de um projeto piloto realizado bidimensionalmente e o repassou a uma empresa que trabalhava com o advento da tecnologia tridimensional (AutoCAD 3D) para que desenvolvesse o mesmo projeto e se pudesse comparar quantitativamente os resultados, dentro do processo de compatibilização.

Foram identificadas sete atividades típicas no processo de desenvolvimento dos projetos, seja em CAD 2D ou CAD 3D, sendo elas:

Transcrição: diz respeito às atividades de transformação dos projetos recebidos das outras áreas técnicas (arquitetura, estrutura, instalações) para os padrões internos da empresa;

Projeto: reúne as atividades de análise e compatibilização dos diversos subsistemas em projeto.

Conferência interna: diz respeito à atividade de verificação de consistência dos modelos gerados, sejam em 2D ou 3D;

Correção: diz respeito às correções geradas em função das verificações de consistência dos modelos;

Modificação: está relacionada ao recebimento de novas informações e modificações no projeto, que ocorreram na sequência de conferências internas;

Quantificação: diz respeito às atividades de levantamento de quantidade de materiais para a execução da obra.

Saída 2D: está relacionada à montagem da documentação que será entregue ao cliente; em geral são plantas, elevações, cortes e detalhes em 2D, para ambos os processos em CAD 2D e CAD 3D.

Na Figura 3.1 são apresentados os resultados avaliando o tempo gasto para a execução de cada etapa de projeto em cada metodologia (2D ou 3D). Percebe-se que em quatro das cinco atividades levantadas, o tempo do método 3D foi sempre inferior em relação ao tempo do método 2D.

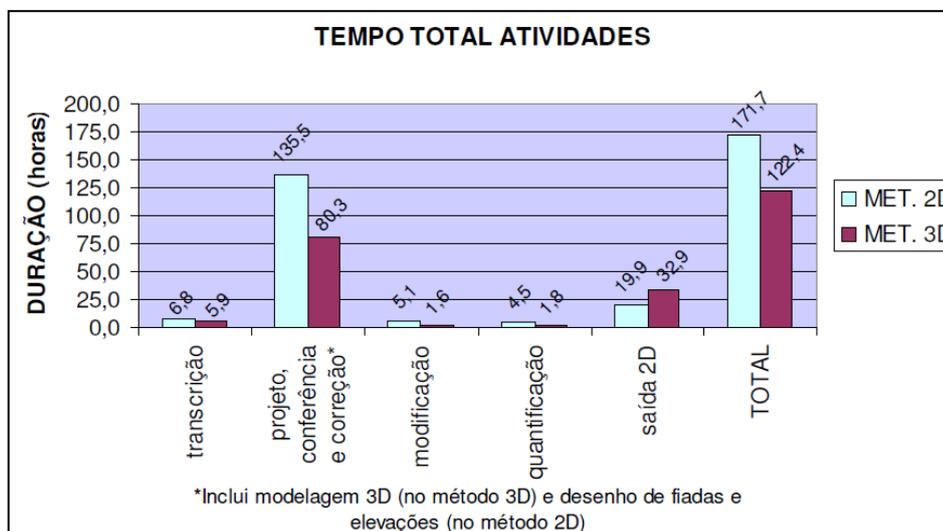


Figura 3.1: Tempo total para as atividades genéricas nos dois métodos
Fonte: Ferreira, 2007

A hipótese era que o CAD 3D demandaria mais tempo de projeto e ao mesmo tempo seria mais eficaz no processo de compatibilização, por facilitar a percepção de interferências. Porém, os resultados concluíram que o projeto feito em CAD 3D foi mais rápido e a eficácia da compatibilização foi superior ao 2D, confirmando ainda que a maioria

dos erros geométricos foram rapidamente identificados na metodologia 3D devido à facilidade de visualização e imediatamente corrigidos. Também a análise de interferências e a tomada de decisões de projeto foram simplificadas já que a representação gráfica tridimensional é explícita.

Mikaldo Jr. (2006) avaliou o método tradicional de compatibilização em 2D e 3D, utilizando para isso estudos de caso com edificações que passaram por processo de compatibilização, entrevistando os profissionais envolvidos nesse processo. Comparando os métodos ao longo dos estudos de caso, o autor concluiu ao final que o método 3D é mais vantajoso. Na realização da compatibilização em 2D, um do entrevistados descreve um esforço mental considerável para entender as tubulações que no plano tridimensional cruzavam com a estrutura e verificar as cotas, se as mesmas passavam por cima ou por baixo dos elementos estruturais. Assim, foi possível perceber que, mesmo no método tradicional de compatibilização, a tridimensionalidade facilita a visualização dos sistemas e a percepção de incompatibilidades entre eles.

Já Goes (2011) se propôs a avaliar uma abordagem diferencial de compatibilização, realizada com o auxílio da metodologia BIM, questionando se essa pode ser superior ao processo tradicional de compatibilização. A autora pesquisou as vantagens da metodologia BIM no processo de compatibilização, utilizando para isso um estudo de caso de uma obra compatibilizada por uma equipe especializada, no caso um escritório de arquitetura contratado como assessoria, contando com os relatórios finais de compatibilização para comparar com resultados obtidos pela compatibilização realizada por ela em um software com interface BIM.

O que se percebe é que os três autores partiram da mesma ótica de problema, refletindo em seus resultados a realidade da época da pesquisa. Todos estudaram as ferramentas disponíveis para facilitar a compatibilização. Antes, o projeto era somente compatibilizado bidimensionalmente, passando a ter os recursos da tridimensionalidade básica dos softwares já utilizados. Essa tridimensionalidade era utilizada apenas na modelagem de sistemas de instalações e estrutura, diferentemente do que é possível atualmente com o advento do BIM. Não só os projetos de instalações e estrutura são modelados tridimensionalmente, como também a própria arquitetura. O BIM como uma nova ferramenta de projeto se apresenta como uma solução inovadora para as empresas de construção.

Durante o processo de construção, o BIM pode ser uma ferramenta extremamente importante para eliminar erros no início do projeto e determinar métodos de construção e melhor custo benefício (DAMIEN; YAN, 2007 *apud* SOUSA, 2010). Como ferramenta de compatibilização, todos os aspectos da construção são modelados em 3D e, com isso, são identificados os conflitos geométricos entre os elementos da construção (Figura 3.2), bem como as áreas do projeto em que estão faltando detalhamentos.



Figura 3.2: Interferência entre projetos
Fonte: Garbini, 2012

A utilização do modelo BIM no desenvolvimento de projetos altera não só o fluxo de informações, mas também as interfaces entre os projetistas e o coordenador de projetos, apresentando uma modificação na maneira de se encarar o próprio processo. A partir do BIM, o projeto deixa de ser encarado como um processo linear e paralelo e torna-se integrado.

3.2 SISTEMAS EXTRANET

Para Ferreira (2007), um dos pontos críticos no processo com o uso do CAD 3D é que não existe "verificação" do projeto no papel. Todo o processo precisa ser documentado em meio eletrônico para alcançar a eficiência e eficácia que esse tipo de ferramenta propicia. Um processo de trabalho "híbrido", em que apenas algumas atividades ou lotes de atividades são desenvolvidos com o auxílio da TI (Tecnologia de Informação), pode acarretar um aumento de tempo e risco quanto à qualidade da informação gerada no todo. Isso aplica-se também aos sistemas BIM, que fazem parte da TI, devendo assim, para funcionar da maneira correta a que se propõe, incluir todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento do

projeto. Para que haja a interação entre esses profissionais de forma eletrônica uma ferramenta, há muito disponível na rede e pouco utilizada que pode favorecer essa interação.

Os websites para gerenciamento de projetos conhecidos como extranets de projeto ou "sistemas de gerenciamento de projetos baseados na web", são atualmente uma das principais tecnologias da Internet ligadas à Construção Civil (MIKALDO JR., 2006). Trata-se de uma rede de computadores que usa a tecnologia da internet para conectar empresas com seus fornecedores, clientes e outras empresas que compartilham objetivos comuns (SOIBELMAN; CALDAS, 2000).

Localizados em um mesmo local, as informações podem ser facilmente compartilhadas e revisadas por qualquer profissional envolvido. Nesse caso cada um pode verificar interferências dos demais sistemas na sua disciplina, informando e documentando os erros encontrados para que o mesmo seja corrigido onde necessário.

Mikaldo Jr. (2006) apresenta uma revisão bibliográfica para definir os principais recursos disponíveis nos extranets de projeto, sendo os mais relevantes a esse estudo:

- a) Gerenciamento de documentos: armazenando documentos do projeto (arquivos CAD, figuras, memorandos, planilhas, etc) em um único local, o sistema deve permitir que os usuários façam download, upload e insiram comentários nos arquivos.
- b) Controle de revisões que permite armazenar e acessar diversas revisões de um mesmo documento.
- c) Fluxo de trabalho (workflow) do projeto: workflow é o fluxo de controle e informação em um processo de negócio, ou seja, através dessa funcionalidade os membros da equipe de projeto podem trabalhar colaborativamente através de requisições de informação, ordens de mudanças e regras que orientem o processo de execução de tarefas.
- d) Fórum de discussões: os membros da equipe podem questionar, responder e comentar um determinado assunto, permitindo que o processo de decisão seja documentado.

O problema com esse sistema é a dificuldade de uma visão 3D da disciplina, o que atrapalha a visualização de interferências deixando passar muitas dessas. A proposta desse trabalho é que o sistema extranet seja utilizado aliado a softwares com interface BIM, onde pode-se criar links diretos dos arquivos originais compartilhados e verificar possíveis interferências entre os sistemas, devendo para isso estar integrados todos os profissionais envolvidos no projeto.

CAPÍTULO 4 - A TECNOLOGIA BIM

De acordo com Kowaltowski (2006) os avanços globais e as relações sociais influenciaram no desenvolvimento do projeto arquitetônico mundial. As novas ferramentas desse mundo globalizado aumentaram a complexidade dos projetos e levantaram novas questões, como a exigência da qualidade ambiental das construções de grande porte.

A velocidade das informações gera clientes cada vez mais exigentes e focados em suas necessidades, cabendo ao profissional da construção que deseja competir no mercado acompanhar esse processo evolutivo. O que tornará um profissional capaz de competir será sua capacidade de apresentar soluções que, em princípio, atendam a um programa proposto pelo cliente, nos aspectos funcionais, técnicos e econômicos (ROSSO, 1980).

A tecnologia, aplicada a esse segmento sempre favoreceu a competitividade, migrando os desenhos realizados em pranchetas com régua "T" para o computador, diminuindo o tempo gasto com o projeto. Algum tempo depois isso passou a ser insuficiente e então a tecnologia mais uma vez se mostra em frequente evolução apresentando um sistema de modelagem que permitia visualizações em 3D.

Os estudos volumétricos, em etapa projetual, servem para uma avaliação formal do projeto, verificando as interferências técnicas, como as superfícies de cobertura, por exemplo. Assim, o desenvolvimento de maquetes eletrônicas tornou-se uma importante ferramenta para melhorar a compreensão do sistema criado e das interferências que possam surgir (KOWALTOWSKI, 2006).

Apesar de estudos com maquetes espaciais serem realizados há muito tempo, sendo evidenciadas nas obras de projetistas como Leonardo Da Vinci, Gaudí e, mais recentemente Sir Nicholas Grimshaw, esses eram antes físicos. A inserção de programas de modelagem computacional diminuiu o tempo gasto com sua confecção e alcançou resultados mais satisfatórios.

Não obstante, essa metodologia também vem aos poucos se tornando ultrapassada, resultado do surgimento de um novo conceito no mercado conhecido por BIM (Building Information Modeling). Referente ao conjunto de informações geradas e mantidas ao longo de um ciclo da vida de uma edificação, esse tipo de sistema trabalha com informações de parâmetros comuns, onde a modificação de uma peça dentro do contexto

modifica as demais automaticamente. Essas informações contidas no modelo virtual são utilizadas como ferramenta para quantificação, análise de desempenho dos sistemas construtivos, análises de interferências, entre outros (MONTEIRO, 2012).

Essa nova forma de representar uma edificação a ser construída, unindo novas tecnologias e técnicas gerenciais, marca a difusão da engenharia simultânea. Baseada na execução de tarefas em paralelo e na troca de informação de forma constante e eficaz entre os diversos agentes do processo, tem como suporte o uso da Tecnologia de Informação, sendo facilitada pela utilização do BIM (CHECUCCI, 2011).

A Tecnologia de Informação (TI) é o termo que engloba toda a tecnologia utilizada para criar, armazenar, trocar e usar informações em seus diversos formatos (dados corporativos, áudio, imagem, vídeo e outros meios, incluindo os que ainda não foram criados). Utiliza-se esse termo para incluir a tecnologia de computadores e telecomunicações em uma só palavra (MARIA, 2008).

4.1 CAD GEOMÉTRICO

Segundo Maria (2008), a indústria do software gráfico começou a se desenvolver após 1960. O computador passou a ser uma importante ferramenta para a engenharia, com a implementação de ferramentas CAD (Computer Aided Drawing/Drafting) - projeto auxiliado por computador - e o CAM (Computer Aided Manufacturing) - manufatura auxiliada por computador - a partir do SKETCHPAD, desenvolvido por Ivan Sutherland como parte de sua tese de PhD no MIT (Massachusetts Institute of Technology). O SketchPad foi o primeiro editor gráfico conhecido na história, tornando possível criar objetos que poderiam ser manipulados distintamente dos outros.

O primeiro CAM, nomeado PRONTO, foi desenvolvido em 1957 pelo Dr. Patrick J. Hanratty, que ficou referenciado como o pai do CAD/CAM.

Posteriormente, em 1982, foi criada a Autodesk, lançando o AutoCad R1, desenvolvido para ser utilizado em IBM-PC (Microcomputador, assim chamado por causa do microprocessador em seu interior, desenvolvido pela Intel em 1971).

De acordo com Ayres Filho e Scheer (2007), apesar de existirem diversos tipos de CAD nessa época, a baixa capacidade dos computadores pessoais da época favoreceu a opção

pelos softwares que demandavam menor quantidade de processamento. O que melhor se adaptou a esses quesitos foi o conhecido como CAD geométrico, que permitia apenas representação de informações através de geometrias primitivas (linhas, arcos, pontos, etc.). Isso fez com que esse software se popularizasse e se tornasse essencial aos projetistas, sendo utilizado por quase todos os escritórios de construção civil até.

Apesar de sua importância, a concentração dada à representação da geometria, gerava no CAD geométrico uma fragmentação das informações, dificultando a análise em conjunto, dependendo mais do observador do que da forma como a informação foi armazenada (AYRES FILHO; SCHEER, 2007).

Um exemplo dessa fragmentação das informações é dado em edifícios de múltiplos andares, onde as plantas não possuem um vínculo claramente estabelecido, cabendo ao usuário realizar manualmente possíveis alterações para recompor a totalidade das informações. A dificuldade está em transportar uma informação de um lugar para o outro, pois esse processo fragiliza o desempenho do processo, aumentando a possibilidade de ocorrência de erros.

4.2 CAD 3D - MAQUETES ELETRÔNICAS

A terceira dimensão acrescentada pelo uso de CAD 3D aumentou consideravelmente a quantidade de informações do projeto. Porém, continuaram apresentando as mesmas características de fragmentação de informação dos CADs geométricos, tornando difícil a produção de informações estruturadas, que normalmente constituem o núcleo da documentação de um projeto (AYRES FILHO; SCHEER, 2007).

Além disso, são softwares que geralmente apresentam uma proposta básica de auxiliar o processo de desenho industrial e não o projeto de edificações, faltando-lhe mecanismos que permitissem a seleção e visualização parcial das informações que são essenciais ao projeto arquitetônico. Assim, essa ferramenta ficou fadada ao desenvolvimento de maquetes eletrônicas de cunho promocional do projeto, para visualização do cliente.

Mesmo assim Kowaltowski (2006) defende que a inserção de softwares do tipo CAD na elaboração de projetos arquitetônicos e modelagem em 3D culminaram em um aumento da complexidade das formas.

4.3 CAD 4D e nD

O CAD 4D é a combinação do modelo 3D com a linha do tempo, como uma quarta dimensão, gerando uma visualização de informações mais eficiente que os métodos tradicionais, como os gráficos 2D e o cronograma físico, amplamente utilizados pela indústria da construção civil. A metodologia de visualização em quatro dimensões facilita a transmissão de detalhes e necessidades construtivas aos clientes e construtores, uma vez que se visualiza o processo de construção dinamicamente (KOWALTOWISKI, 2011).

O CAD 4D automatiza os fluxos de trabalho e conseqüentemente economiza tempo e aumenta a produtividade dos profissionais envolvidos. Exemplos de sua utilização podem ser vistos tanto em construções quanto em reformas, possibilitando demonstrar ao cliente os elementos a serem construídos ou demolidos e as etapas e tempo relativo a cada processo (ELVIN, 2007 *apud* KOWALTOWISKI, 2011).

A integração do projeto com as demais tarefas gerenciais de produção deu origem a um novo termo, o CAD nD, relacionado com cada novo tópico agregado ao modelo tridimensional para melhorar a compreensão do empreendimento e facilitar o seu gerenciamento.

4.4 CAD BIM - MODELAGEM PARAMÉTRICA

O conceito BIM remonta aos anos 70 com a publicação do Prof. Charles M. Eastman do Georgia Institute of Technology sobre BPM (Building Product Model), denominado Building Description System (BDS). Esse conceito referia-se a um sistema onde a representação dos elementos projetuais estava baseada em informações geométricas associadas a outros atributos, permitindo assim criar além de desenhos, relatórios e análises referentes a quantidades de materiais, estimativas de custos, entre outros (EASTMAN *et al.*, 2008).

O termo BIM propriamente dito foi criado pela Autodesk em meados dos anos 1990, para promover o seu novo CAD, o Revit, sendo considerado como a evolução mais recente dos métodos de desenho utilizados pela construção civil. Isso gera um pouco de

confusão para algumas pessoas que acreditam que foi a Autodesk a desenvolver o primeiro software a utilizar BIM.

O software Allplan, da empresa alemã Nemetschek, foi criado em 1980. A empresa húngara Grafisoft lançou em 1984 o Rada CH, que na sua segunda versão em 1986, passaria a chamar-se ArchiCAD. Esses dados para Ayres Filho (2009) denotam o surgimento dos primeiros softwares a utilizar o conceito BIM. De acordo com o autor, a Autodesk não poderia ser a pioneira na utilização da tecnologia BIM, já que o AutoCad teve sua primeira versão em 1982 e o MicroStation em 1984, como já mencionado, não havendo evolução entre os softwares e que a utilização dessa terminologia surgiu mais como estratégia comercial do que para designar um novo conceito propriamente dito.

O Revit, em essência, faz o que o ArchiCAD e Allplan já faziam dez anos antes, porém com forte apelo comercial, sendo adotado como estratégia de mercado por outras empresas, que passaram a definir a BIM como um software, reduzindo seu significado, que na verdade é uma compilação dos princípios da modelagem de produto da construção, desenvolvido desde a década de 1970 (EASTMAN *et al.*, 2008).

Nesses termos, o conceito BIM a ser trabalhado também nesse trabalho refere-se ao que propôs Ayres Filho, ou seja, práticas integradas de projeto, já que sua utilização tem demonstrado significativas vantagens sobre os processos tradicionais, mesmo em situações de integração limitada (por exemplo, apenas entre o projeto arquitetônico e o estrutural).

Uma das empresas pioneiras do uso de softwares BIM foi a Walter P. Moore and Associates, sediada em Houston, Texas. Jim Jacob, oficial de informação da Walter P. Moore and Associates, destaca que, entre os benefícios dessa tecnologia, está o potencial para compreender melhor o custo do projeto à medida que evolui e a capacidade de superar as ineficiências e dificuldades de coordenação dos tradicionais processos de desenho (KHEMLANI, 2007).

De acordo ainda com Jim Jacob, os engenheiros estavam acostumados a trabalhar com modelos analíticos para análise estrutural, onde ocorria uma desconexão entre esses modelos e os desenhos criados no modo tradicional. Com a tecnologia BIM, os desenhos são derivados do modelo estrutural, sincronizado com o modelo analítico, garantindo a qualidade dos mesmos.

4.5 METODOLOGIA BIM

Em resumo, o BIM trabalha com a parametrização dos elementos constituintes do projeto, onde o desenho é automaticamente ajustado quando se modifica um elemento com um novo valor. Isso permite que o arquiteto explore alternativas diversificadas, já que o modelo é interativo, possibilitando a visualização de diferentes soluções e auxiliando a tomada de decisão (OLIVEIRA; FABRÍCIO, 2009).

Kowaltowski (2011) define o termo paramétrico como um conjunto de propriedades cujos valores determinam as características ou o comportamento de um objeto qualquer. Cada elemento construtivo tem características e representação próprias, e o sistema faz o computador entender o elemento como ele é e não apenas como um objeto geométrico. O objeto identificado pelo sistema CAD comporta-se como se fosse um elemento real, podendo receber outros objetos ou recusa-los por incompatibilidades diversas (AYRES FILHO; SHEER, 2007).

O uso de softwares paramétricos permite a revisão das decisões de projeto, já que possibilita rapidamente a mudança formal apenas com a inserção de novos parâmetros, sem a necessidade de redesenho (OLIVEIRA; FABRÍCIO, 2009).

Ocorre automaticamente uma geração da documentação projetual, gerando relatórios a partir do modelo, sejam eles gráficos ou textuais. Os relatórios gráficos incluem plantas, cortes e fachadas, gerados automaticamente. E como relatórios textuais citam-se as listas dos elementos ou áreas quantitativas de materiais.

Depois de gerado o objeto parametrizado, as representações ortogonais são geradas automaticamente. Quando o objeto é modificado, os desenhos finais (planta, vista, corte, perspectiva, etc) também o são. As modificações geradas em cada elemento modificam diretamente o modelo, fazendo com que o sistema detecte que o modelo foi modificado e atualize as informações de todas as outras instâncias integrantes do projeto. Por exemplo, ao se mudar as dimensões de uma porta na planta-baixa, as informações contidas nos quadros de esquadrias já são atualizadas com os novos valores (AYRES FILHO, 2009).

De acordo com o arquiteto Ernesto Bueno "os softwares de desenho paramétrico reduzem custos, geram uma forma complexa que é totalmente racional e que realmente responde aos problemas da arquitetura" (VICENTIN, 2012).

A criação do modelo BIM se dá em um sistema composto por vários tipos de segmentos, com diferentes objetivos e partes de informação, mas dependentes entre si (Figura 4.1), devendo haver uma colaboração e compartilhamento de dados, ocorrida sem sobressaltos para garantir que o significado não seja prejudicado. Ayres Filho (2009) define terminologicamente como “interoperabilidade”, ou seja, um mapeamento das estruturas internas baseados em um modelo universal.



Figura 4.1: Ciclo de projetos BIM.
Fonte: Pereira, 2012.

Maria (2008) utiliza a definição fornecida pela empresa M.A. Mortenson Company, para exemplificar o conceito BIM. Esta se refere a uma simulação inteligente da Arquitetura que contemple seis características-chave:

1. Digital;
2. Espacial 3D;
3. Mensurável: quantidade, dimensão e seleção;
4. Compreensiva: desempenho da construção, construtibilidade e aspectos financeiros e de planejamento;
5. Acesso a todo grupo AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) por interoperabilidade e interface intuitiva;
6. Durabilidade: utilizável durante o ciclo de vida da edificação.

Esses pontos são dados como fundamentais para o sucesso da implantação do BIM e mesmo que os programas disponíveis no mercado não contemplem todas estas

características, a tendência é que se especializem e se desenvolvam no decorrer de sua utilização e estudo.

Maria (2008) apresenta ainda um esquema de funcionamento da metodologia BIM, alguns padrões em desenvolvimento pelo comitê para padrões internacionais abertos e tecnologia neutra, visando permitir um fluxo eficiente da informação durante toda a vida da edificação. A integração dos modelos BIM deve armazenar informações relevantes durante o ciclo de vida total da edificação e prover acesso a estas informações para membros participantes.

Empresas de várias partes do mundo se associam para desenvolverem empreendimentos internacionais, implicando na criação de normas de trabalho a serem seguidas para compatibilização das informações. Esses padrões estudados preveem a criação de um dicionário universal, o IFD (International Framework Dictionary) compatível com IFC (Industry Foundation Classes).

De acordo com a autora, o compartilhamento dessas informações depende de três especificações necessárias (Figura 4.2):

- Um formato de troca, definindo **COMO** compartilhar as informações;
- Uma biblioteca de referência, para definir **O QUE** está sendo compartilhado;
- Requisitos da informação, definindo **QUAL** informação a ser compartilhada e **QUANDO**.



Figura 4.2: Pré-requisitos para o BIM.
Fonte: Adaptado de Maria, 2008.

Essa padronização prevê uma certificação técnica para ajudar fornecedores de software de AEC a melhorar, testar e certificar as suas conexões de dados para trabalhar de forma integrada com outras soluções BIM. Isso permitiria o fluxo de trabalho entre os membros do projeto, independente das ferramentas de software que utilizam (BuildingSMART, 2012).

Esse sistema cria a possibilidade de que fornecedores de softwares de pequeno e grande porte possam participar e competir em sistema independente.

4.6 A INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade visa facilitar a criação de padrões que permitam o intercâmbio de dados entre diferentes aplicativos, mantendo o sentido existente nos objetos e a integridade das informações. Quando se trabalha com diferentes aplicativos, não é viável nem desejável que somente uma solução suporte todas as questões ao longo do ciclo vital da edificação (CHECCUCCI, 2011).

Para cada segmento de projeto, existem ferramentas específicas que geram modelos com formatos de arquivo proprietários fechados, que permitem exportação em formatos neutros para outros aplicativos. A interoperabilidade trabalha com a criação de normas para que esse processo de importação/ exportação ocorra de maneira a não gerar perda de informações.

4.7 IFC – INDUSTRY FOUNDATION CLASSES

O IFC é o formato standard internacional utilizado por todos os softwares da plataforma BIM para intercâmbio de arquivos entre eles. Foi criado por um grupo chamado **Internacional Alliance of Interoperability (IAI)**, em 1994, e hoje é representado pela **Building Smart** (LIMA, 2011).

Trata-se de um objeto de padronização mundial para serviços de Arquitetura, Engenharia e Construção. Uma especificação criada pelos órgãos de padrões internacionais para a troca de dados de produtos e compartilhamentos, permitindo a interoperacionalidade entre computadores com aplicações para AEC (MARIA, 2008).

De acordo com Ayres Filho (2009), o desenvolvimento da IFC aborda a massiva quantidade de dados que podem ser inseridas em um modelo de edifício em quatro eixos de informação: ciclo de vida, disciplina, nível de detalhe e aplicação, propondo não criar uma representação específica para cada elemento encontrado na construção, mas uma representação por classes genéricas, com informações suficientes para descrever as suas características principais.

Checucci (2011) define IFC como um padrão neutro que objetiva permitir a representação de toda a edificação em um modelo numérico, através de estruturas de dados chamadas *classes*, decompondo os objetos em componentes básicos: geometria, relações e propriedades.

4.8 IFD - INTERNATIONAL FRAMEWORK DICTIONARY

Maria (2008) define IFD como uma biblioteca internacional de objetos da indústria AEC, que seja compatível com IFC e usada para aquisição de informações dentro e fora do projeto de construção, também implantada pelos órgãos internacionais.

O IFD determina a terminologia dos elementos do projeto de construções e a relaciona com as entidades IFC. Pretende estabelecer dicionários ou ontologias para definir semanticamente a natureza dos objetos que descrevem elementos construtivos (IAI, 2008 *apud* AYRES FILHO, 2009).

É um mecanismo que permite a um software BIM se comunicar com um banco de dados de produto. Um dicionário contendo a definição dos elementos da construção. Nele é criado o catálogo da nomenclatura dos objetos, abrangendo diferentes idiomas para garantir a compatibilidade internacional (CHACCUCCI, 2011).

Com esse dicionário é possível que um modelo BIM aberto seja associado a muitas fontes, assegurando a interoperabilidade.

Checucci (2011) explica que, enquanto um padrão IFC descreve objetos, suas conexões e a forma de troca e armazenagem das informações, o padrão IFD descreve exclusivamente os objetos, suas propriedades, unidades e valores que os mesmos podem assumir.

4.9 OS SOTWARES PARAMÉTRICOS

O Quadro 4.1 reúne alguns dos softwares com interface BIM disponíveis no mercado. Em seguida, são apresentadas, resumidamente as definições e características de alguns deles, uma vez que a avaliação dessas ferramentas o objetivo do trabalho.

Quadro 4.1: Softwares com Interface BIM

DISCIPLINA DE PROJETO	SOFTWARE BIM
ARQUITETURA	Revit Architecture
	ArchiCAD
	Vectorworks Architect
	Bentley Architecture
	Digital Project
ESTRUTURA	Tekla Structures
	Revit Structure
	CAD/TQS
	Bentley Structural
	Allplan
	StruCAD
	ProSteel 3D
	CYPECAD
ELÉTRICA/ HIDRÁULICA/HVAV	Revit MEP
	AutoCAD MEP
	ArchiCAD MEP
	Bentley (Building Electrical Systems/ Mechanical System)
	MagiCAD
ANÁLISE PREDIAL	Ecotect
	Green Building Studio
	IES Virtual Envioment
GERENCIAMENTO DE PROJETOS	Navisworks

Pesquisas recentes nos EUA indicaram que 50% das empresas de construção americanas já utilizam a tecnologia BIM, quase sempre em obras de grande porte, buscando melhor eficiência na gestão de projetos.

Esse conceito tem sido trabalhado por diversos desenvolvedores de sistema CAD (Autodesk, Bentley System, Graphsoft).

A Autodesk é considerada como líder nesse segmento, por produzir vários programas baseados nesse conceito. E pela vasta utilização do AutoCad, o Revit, mostra-se mais vantajoso, por apresentar comandos semelhantes aos do AutoCad. Dentro da plataforma Revit, estão o Revit Arquitetural, para projetos arquitetônicos, o Revit Estrutural (Figura 4.3) para modelagem de estruturas e o MEP, para instalações hidro-sanitárias. A Autodesk apresenta ainda outros programas para análise específica de estruturas como o Robot, voltada especificamente para cálculos estruturais mais complexos.

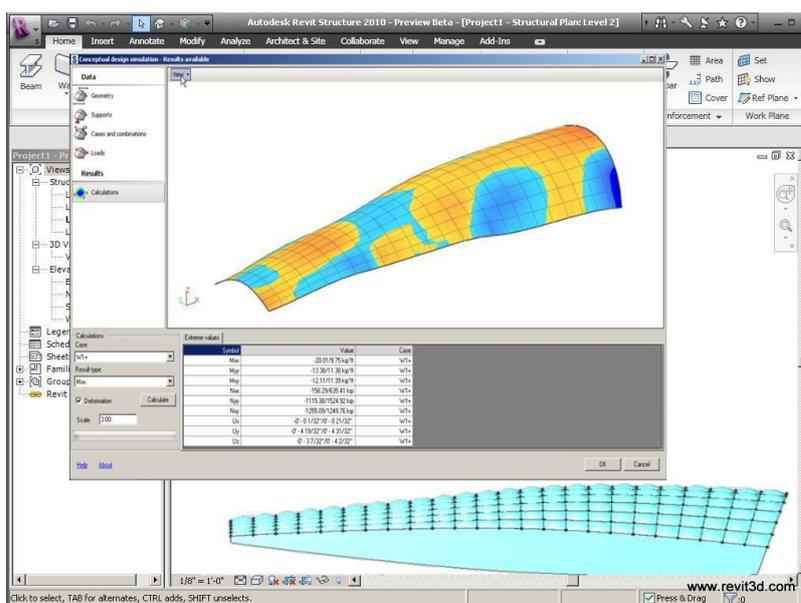


Figura 4.3: Análise Conceitual realizada no Revit Structural.
Fonte: Bimboom, 2012.

Maria (2008) apresenta os resultados de uma pesquisa realizada em junho de 2007 com um grupo de assinantes da AECbytes pela internet na qual 651 responderam como utilizavam e avaliaram as soluções BIM. Essa pesquisa revelou que na época, dos softwares que contemplavam o BIM, o Revit era o mais utilizado (com quase 70%), seguido do ArchiCad, com 30% (Figura 4.4). Segundo a autora, esse resultado favoreceu o Revit, por este

ser uma SUÍTE: Arquitetura, MEP e estrutura, além de um gerenciador de dados, tratando-se de uma solução completa da Autodesk.

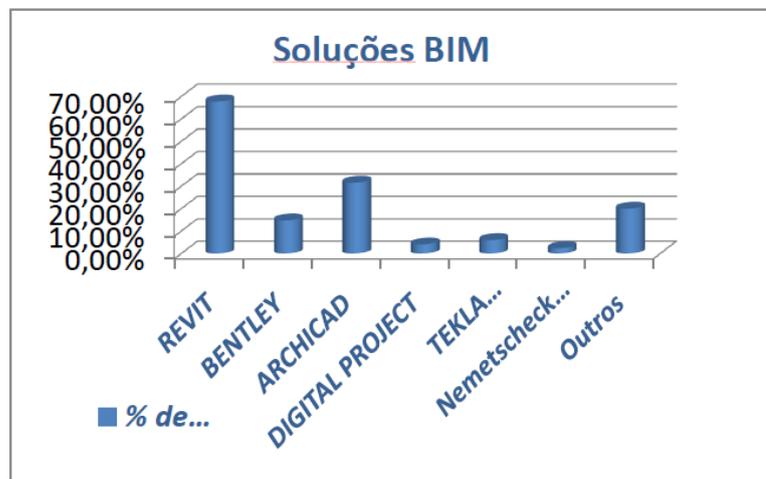


Figura 4.4: Utilização de soluções BIM.
Fonte: Maria, 2008.

Enquanto o Revit é bastante utilizado no EUA, o ArchiCad (Figura 4.5), da Graphisoft tem muita força na Europa, com muitos adeptos no Brasil, perdendo possivelmente por apresentar uma suíte de aplicativos voltada apenas para o projeto arquitetônico.

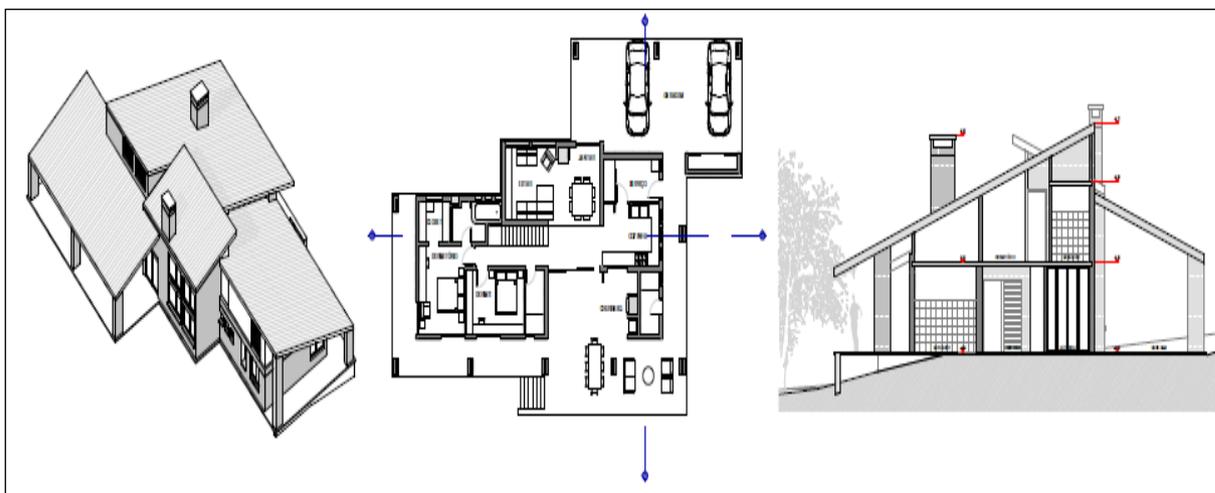


Figura 4.5: Modelo tridimensional confeccionado no ArchiCad: modelo 3D, planta e corte
Fonte: Ayres Filho; Scheer, 2007.

Há ainda, o Vector Works, da Nemetshek e outros mais viáveis financeiramente, como Bentley Architecture. Especificamente para a análise estrutural pode-se citar ainda a Tekla Structures, desenvolvido pela Tekla, uma evolução do X-steel, que permite criar

modelos de qualquer tamanho ou complexidade, gerar análises, relatórios, compartilhado durante as fases de concepção, detalhamento, fabricação e montagem. E também o CypeCAD, muito utilizado pelos engenheiros brasileiros para o dimensionamento e detalhamento de estruturas de concreto, estruturas mistas e metálicas. Ressalta-se que o CypeCAD realiza o dimensionamento com base nas normas brasileiras.

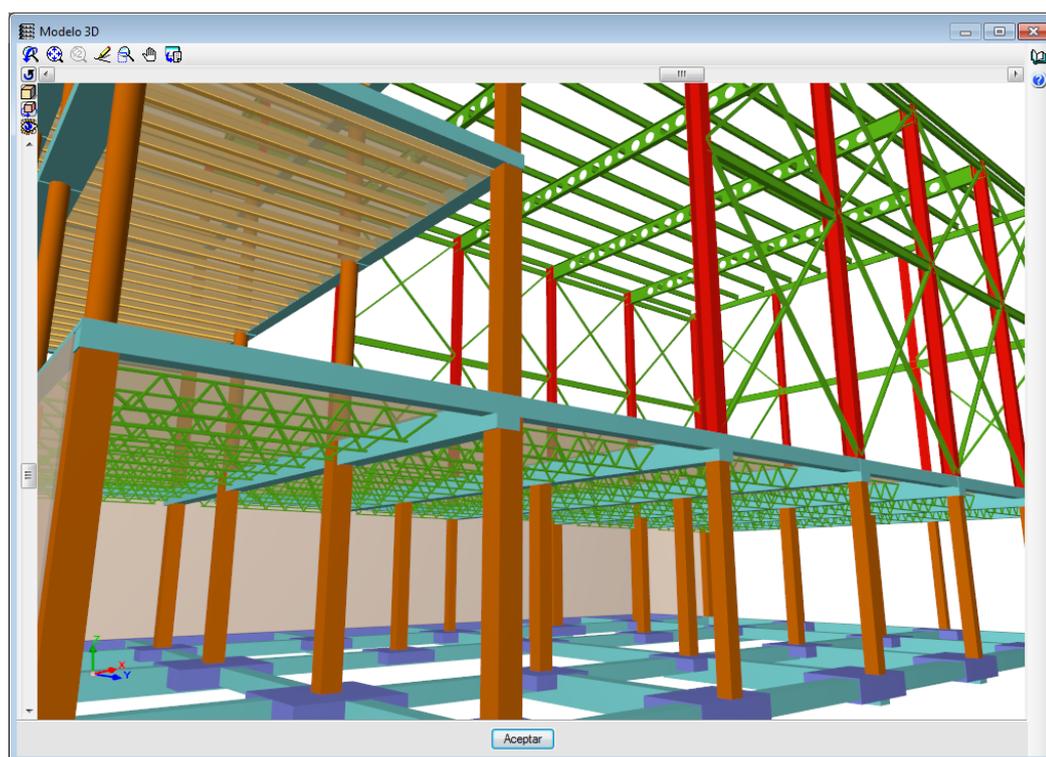


Figura 4.6: Modelo estrutural do CypeCAD
Fonte: Cype Ingenieros, 2013

4.10 BARREIRAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO BIM

Souza (2009) investigou o processo de implantação do BIM no Brasil. Nessa pesquisa foram abordados os motivos pelo qual esse processo é dificultado. Os resultados são apresentados na Figura 4.7.

As maiores desvantagens apontadas pela entrevista refere-se à resistência da equipe de projeto de mudar de software (25%) e a falta de tempo para a implantação (25%). Os 50% restantes da pesquisa ficaram divididos entre a falta de compatibilidade com outros parceiros de projeto (16,67%), onde há dificuldade na troca de arquivos entre diversos programas, inclusive na conversão de arquivo BIM para DWG, falta de adequação do

software para o trabalho desenvolvido (8,33%), carência de profissionais especializados (8,33%), custo elevado do programa (8,33%) e falta de estrutura de TI (8,33%).

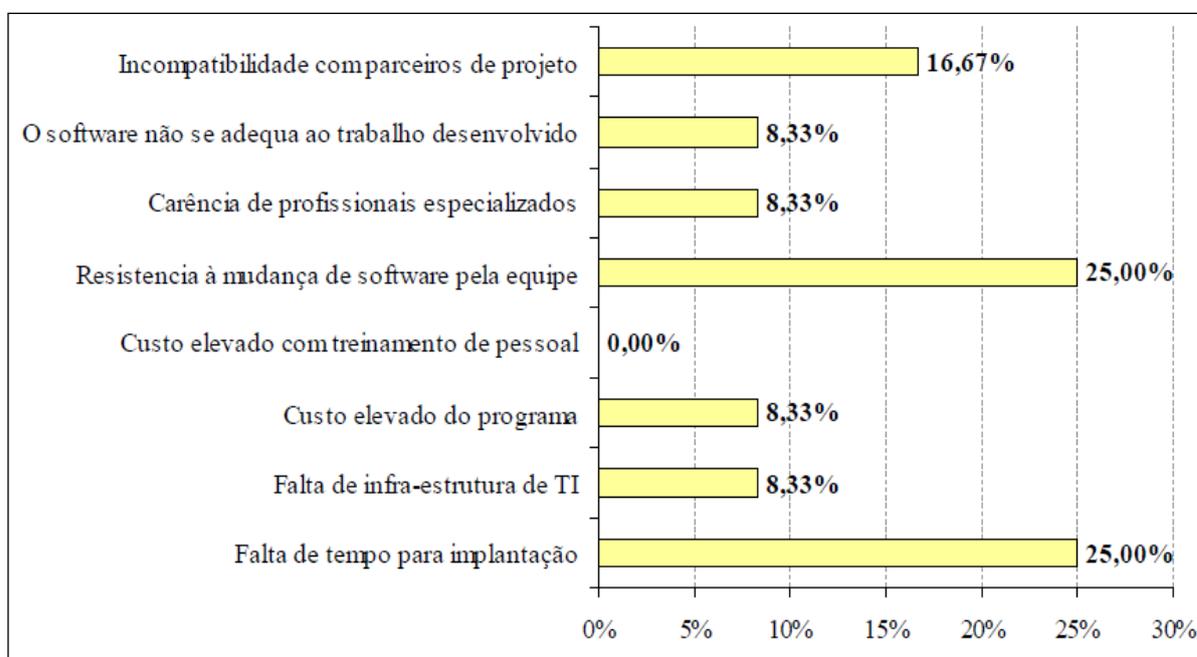


Figura 4.7: Dificuldades de implantação do BIM
Fonte: Souza, 2009

Em maio e junho deste ano a editora Pini realizou uma pesquisa online com 588 profissionais (engenheiros das diversas especialidades e arquitetos). Nessa pesquisa foi levantado que 90% dos entrevistados pretende implantar o BIM em sua empresa em até cinco anos. Indagados sobre os motivos ou dificuldades pelas quais a empresa ainda não havia adotado esse sistema, percebe-se que diferente da pesquisa realizada por Souza (2009), nessa o maior empecilho à implantação é o preço alto dos softwares (50%). Também percebe-se que a reclamação quanto a falta de parceiros que utilizem o BIM manteve-se sem alteração e que a falta de famílias específicas ainda é um forte fator a influenciar a escolha de não implantar o sistema.

Deve-se atentar para o fato de que ambas as pesquisas podem ser tendenciosas e não refletir com clareza a realidade, pois muitos dos entrevistados podem se deixar levar por opiniões de terceiros, como é o caso da questão em torno das bibliotecas de famílias, onde só um projetista que utiliza a ferramenta a mais tempo pode indicar se isso é ou não um problema. Dependendo do nível de detalhe que se deseja no projeto ou quais os projetos a serem compatibilizados, a falta de famílias específicas não será problema.

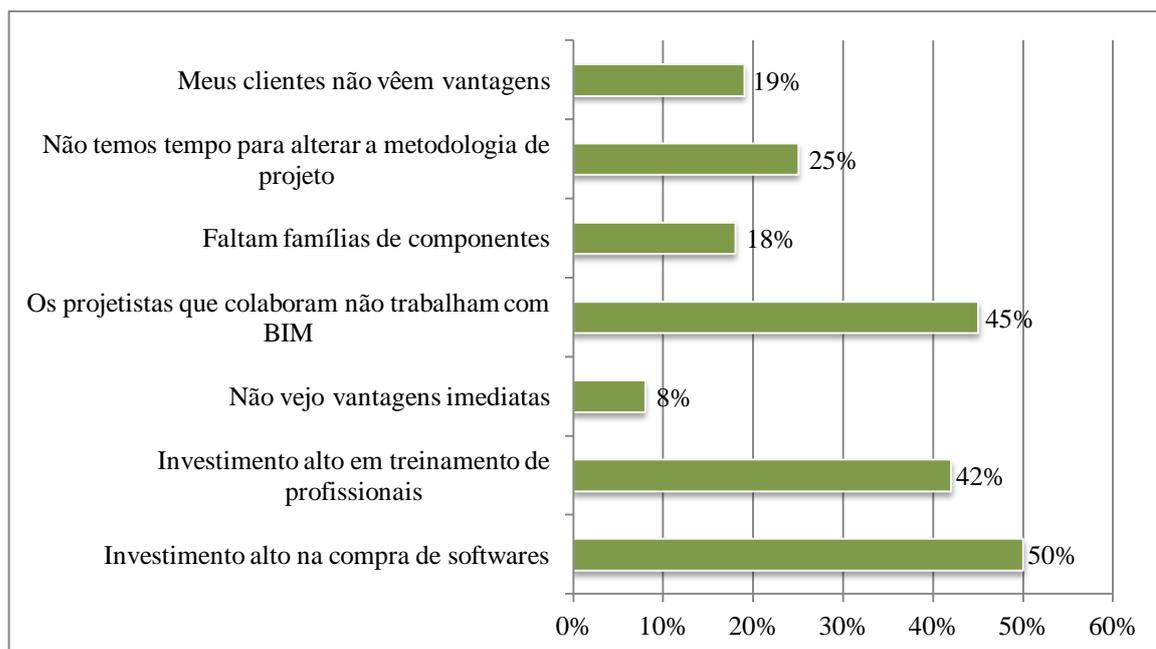


Figura 4.8: Motivo pelo qual a empresa ainda não optou pelo BIM
Fonte: Adaptado de Pini, 2013

Através dessas duas pesquisas foi possível nortear os principais empecilhos à implantação do BIM nos escritórios brasileiros.

A. Custo de implementação

Apesar dos esforços dos fabricantes de softwares e de organizações para promover o BIM, a grande maioria dos edifícios ainda é desenvolvida no método tradicional, com desenhos 2D e documentos de texto. Dentre as maiores causas responsáveis pela resistência do setor de projetos estão o longo processo de aprendizagem, a falta de tempo e recursos financeiros dos escritórios de projeto e a deficiência dos softwares (BAZJANAC, 2004).

A falta de treinamento proporciona distorções do uso da ferramenta tridimensional para a produção apenas de desenhos bidimensionais ou para a produção de maquetes eletrônicas, subutilizando o potencial total da ferramenta (CAMPBELL, 2007).

Esse custo inclui também o treinamento dos profissionais, já que trata-se de uma formação complementar e onerosa, sendo difícil encontrar profissionais já aptos a desenvolver projetos nessa plataforma. O problema estende-se até as Universidades, que ainda não se adaptaram às mudanças de metodologia projetual, formando profissionais que conhecem algum software com interface BIM, mas não sabe ao certo do que se trata essa metodologia.

Além do custo com softwares e treinamento, a empresa ainda tem de reestruturar seu quadro de computadores, uma vez que por demandar maior quantidade de informações, requer também máquinas com maior capacidade de processamento.

Foi realizada uma entrevista com arquitetas representantes da empresa MATEC, de São Paulo, em que foi questionado o modo pelo qual se introduziu o BIM na empresa. Para tal implantação, a empresa escolheu o software e um representante deste foi até a empresa e realizou um treinamento de alguns meses com os primeiros profissionais que, posteriormente, repassaram seus conhecimentos (NETTO; CASIMIRO, 2012). Assim, pode-se avaliar que pequenas empresas não têm como pagar por esse processo de aprendizado e nem como liberar seus funcionários para ficar a disposição de um curso.

B. Difícil modelagem de famílias específicas

Por ser uma metodologia diferente da que os projetistas já estão acostumados, aprender a modelar em um software BIM não é tarefa fácil e rápida. O processo de aprendizado exige muito mais prática que um simples curso de formação e muitos profissionais não têm tempo hábil para esse estudo.

Quanto à biblioteca de componentes, esses se tornam problema quando fazem parte de um projeto em que o nível de detalhamento é maior, ocasionando um trabalho muito maior para modelar os elementos que não existem nas bibliotecas de base.

Para Ibrahim *et al.* (2004), a questão de detalhamento de componentes seria facilitado se os fornecedores disponibilizassem seus catálogos num formato neutro, de forma que fosse possível baixar os objetos da internet com todas as especificações, incluindo-os diretamente no projeto. Isso reduziria o tempo dos projetistas com a modelagem, permitindo a inserção de objetos mais detalhados e alinhados aos produtos efetivamente disponíveis no mercado.

No Brasil, a Deca e a Tigre já disponibilizaram bibliotecas de componentes para projetos hidrossanitários no Revit, permitindo o download do aplicativo direto no site.

Fora esses, existem sites de profissionais e estudantes de ferramentas BIM que compartilham informações e arquivos de famílias que podem ser baixados direto da internet. Porém, como mencionado, é importante não se deixar levar pelas especulações e avaliar o método de acordo com cada necessidade.

C. Falta de integração com outras disciplinas

Esse fator, pode-se dizer que é o mais impactante depois do preço dos softwares. Se apenas uma das disciplinas envolvidas em um projeto trabalha com BIM, isso reduz a capacidade da metodologia à metade, pois impede a execução de tarefas como gerenciamento, compatibilização e compartilhamento de modelos, que são à base do conceito. Isso deixa os profissionais na retaguarda, pois não conseguem ver vantagens na substituição do sistema atual de projeto, já que esse terá de ficar restrito apenas a uma disciplina.

Por se tratar de uma tecnologia recente, o número de profissionais utilizando efetivamente as ferramentas BIM ainda é restrito. Tal fato ocasiona o isolamento daqueles que investiram na tecnologia, acarretando o uso limitado de suas possibilidades (CAMPBELL, 2007 *apud* SOUZA, 2009).

A tecnologia poderia ser utilizada para facilitar a compatibilização de projetos, auxiliando na redução de erros e facilitando as soluções de projetos. No entanto, está sendo mais utilizada como ferramenta de concepção e visualização, do que como desenvolvimento e coordenação de projetos.

Mikaldo Jr. (2006) também destaca o fato de que a implantação de tecnologias tridimensionais e modelos BIM estariam começando pelos escritórios de arquitetura e a tecnologia está sendo pouco utilizada por outros projetistas (instalações, estruturas, calculistas). Ele aponta ainda para o problema de falta de interoperabilidade entre os diversos projetos.

A indústria da construção só irá evoluir em direção ao BIM de forma mais concreta quando se tornar estritamente necessário, por exigência do cliente ou pela competição entre os profissionais.

Além dos próprios profissionais, é preciso mudar também o pensamento dos clientes, que são cada vez mais exigentes quanto a prazo, não considerando o tempo de desenvolvimento do projeto como parte do processo e sim o início das obras. Cabe ao profissional convencer seus clientes. Krieger (2013) fala em "educar" o cliente sobre o processo BIM, explicando o fluxo diferenciado das abordagens tradicionais de entrega, os impactos na programação e custos, visto que o BIM só melhora o trabalho e isso é de grande vantagem para o cliente.

CAPÍTULO 5 - ESTUDO DE CASO

O estudo de caso teve como objetivo descrever o desenvolvimento de compatibilização de um projeto utilizando metodologia BIM, simulando a modelagem tridimensional da edificação em três disciplinas distintas, arquitetura, estrutura e projeto elétrico. A escolha por apenas um dos sistemas mecânicos se deve ao fato dessa pesquisa ser apenas demonstrativa e não um trabalho de compatibilização final, considerando também o tempo disponível para o desenvolvimento da mesma. Se fosse esse o caso, deveriam ser levados em consideração também os projetos de hidráulica, ar condicionado e drenagem de águas pluviais.

A modelagem de cada um dos projetos da edificação foi realizada separadamente, tomando por base os projetos executivos cedidos pela empresa. A interação desses modelos foi feita posteriormente em um arquivo único, onde foram realizadas as compatibilizações. Foi então gerado um relatório de incompatibilidades e feita uma análise dos erros encontrados.

O escritório não realizou compatibilização, por isso não há como no caso de Góes (2011), um arquivo de compatibilização para se comparar. O intuito dessa pesquisa é mostrar como o BIM pode ser favorável à etapa de compatibilização, auxiliando o coordenador de projetos, quando este esteja envolvido, ou os demais profissionais no processo de projeto, no gerenciamento e documentação do projeto.

O projeto de estudo foi cedido pela CSA Arquitetura, de Curitiba (PR), que autorizou a utilização do mesmo para esta pesquisa.

O desenvolvimento do estudo de caso se deu em três etapas, buscando, em cada uma delas, caracterizar o BIM e sua atuação.

Na primeira etapa, foram desenvolvidos os modelos tridimensionais das disciplinas escolhidas para a compatibilização.

Na segunda etapa, foram reunidos os modelos desenvolvidos em um único arquivo para geração dos relatórios de incompatibilidades.

Na terceira etapa, foram identificados e descritos os erros encontrados.

5.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O projeto utilizado nesse estudo é um anexo de salas de aula em um conjunto arquitetônico educacional (Figura 5.1) na cidade de Curitiba (PR). A edificação de concreto pré-moldado constitui-se de 8 (oito) pavimentos (Figura 5.2), sendo esses térreo (Figura 5.3), quatro pavimentos-tipo (Figura 5.4) e um andar superior e dois subsolos (um já existente) destinados à estacionamento. A relação das áreas de cada pavimento e total da edificação são apresentadas no Quadro 5.1.

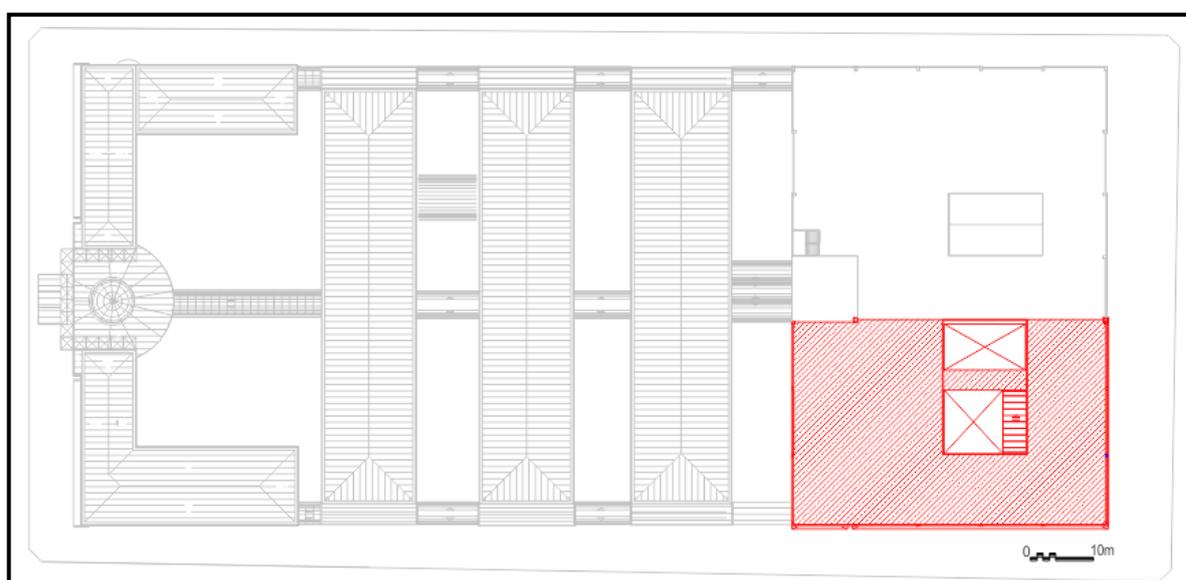


Figura 5.1: Implantação do conjunto arquitetônico. Edifício de estudo em vermelho
Fonte: Adaptado de CSA Arquitetura, 2013

Quadro 5.1: Dados do Empreendimento

DADOS DO EDIFÍCIO	Número total de pavimentos	7 (térreo, pavimentos-tipo, 1 subsolo e estacionamento)
	Área total subsolo 1 (m ²)	1685,00
	Área total térreo (m ²)	1510,00
	Área total pavimentos-tipo (m ²)	1510,00
	Área total estacionamento (m ²)	1510,00
	Área total do empreendimento (m ²)	10745,00

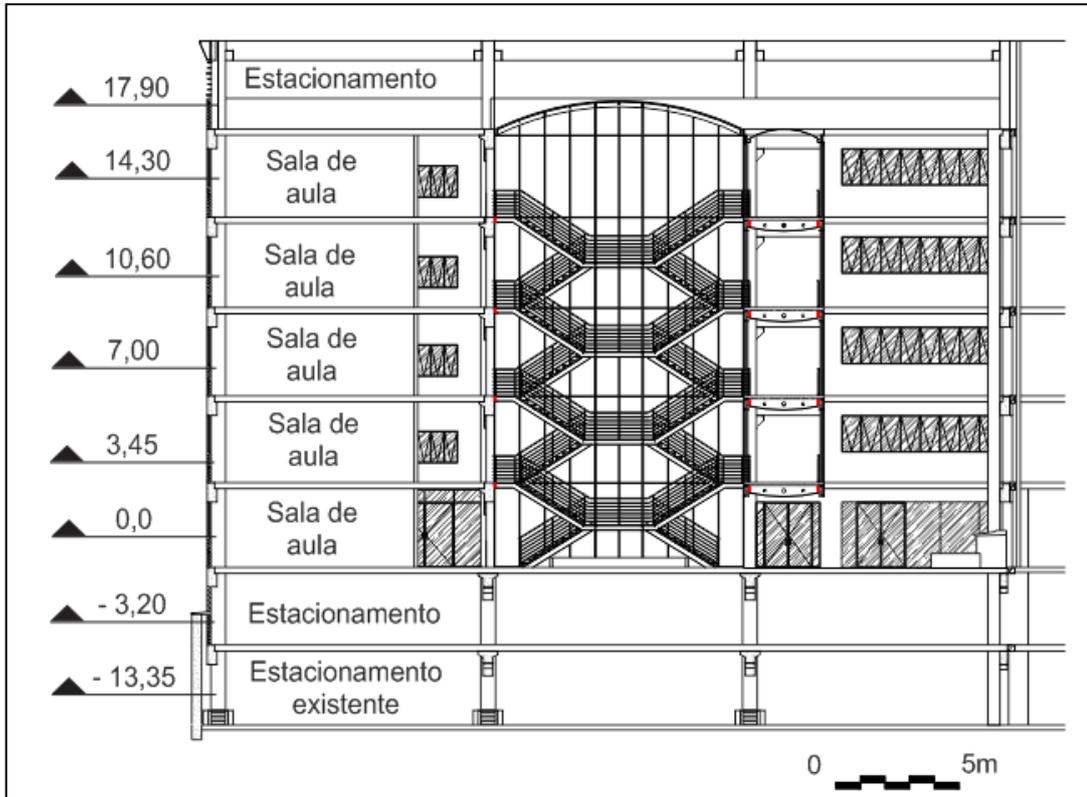


Figura 5.2: Corte esquemático
Fonte: Adaptado de CSA Arquitetura, 2013

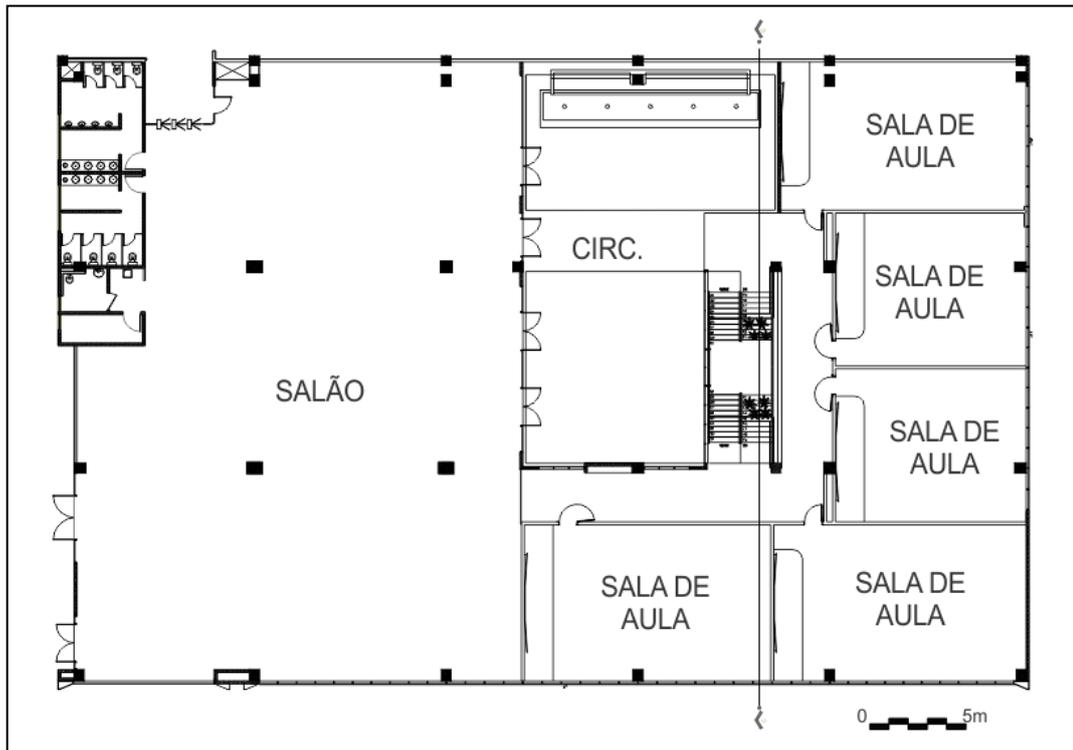


Figura 5.3: Planta baixa pavimento térreo

Fonte: Adaptado de CSA Arquitetura, 2013

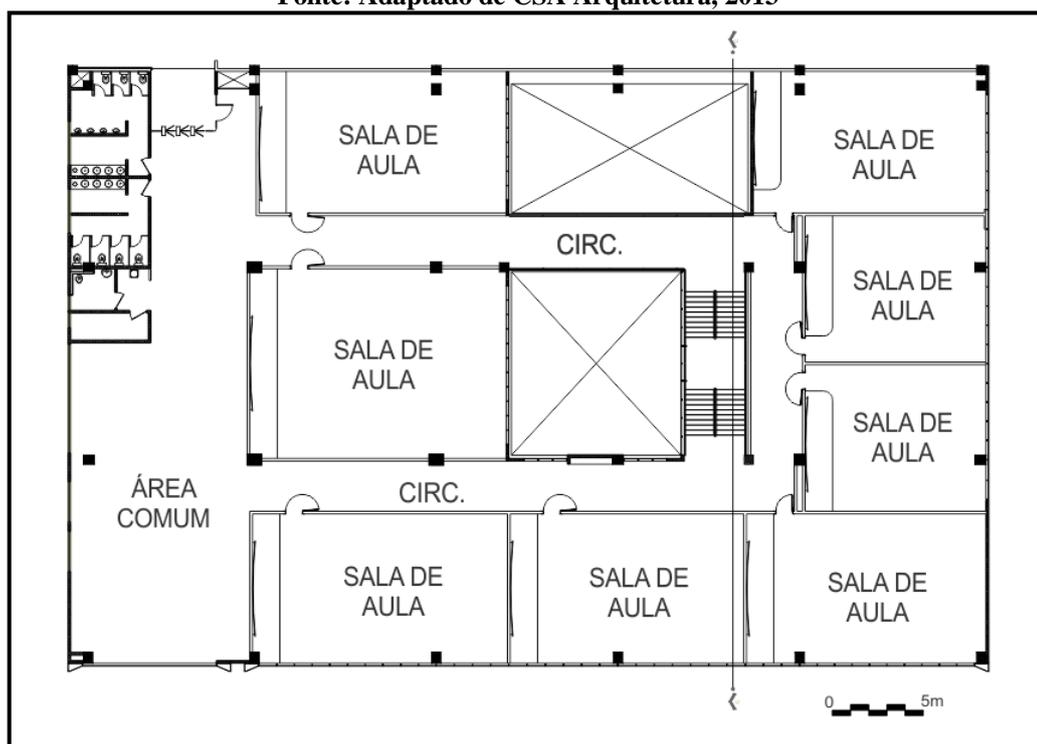


Figura 5.4: Planta baixa pavimento tipo - 2º ao 5º andar
Fonte: Adaptado de CSA Arquitetura, 2013

O projeto partiu das estruturas lançadas no subsolo existente, inicialmente projetada para futuramente comportar um teatro. Com a mudança do programa de necessidades para um bloco de salas de aula, a estrutura foi recalculada com base no projeto básico de arquitetura.

A equipe que realizou o projeto segue o modelo de arranjo tradicional, onde o arquiteto responsável repassou o projeto aos demais projetistas, não havendo dessa forma um coordenador na equipe.

Inicialmente, foram desenvolvidos estudos básicos com volumetria e pré-dimensionamento e um lançamento estrutural básico e enviado ao Engenheiro Estrutural para verificação, encaminhando depois para as diferentes equipes disciplinares.

Após os lançamentos de estrutura com dimensionamento, bem como os lançamentos de instalação elétrica e hidrossanitárias, foram realizadas análises das interfaces e necessidades dos projetos adicionais. Após isso, o projeto de arquitetura foi detalhado para a execução.

Segundo o projetista responsável, o processo de projeto foi realizado paralelamente ao processo de execução, ou seja, as obras foram iniciadas antes da finalização

do projeto executivo, ressaltando que essa metodologia só permite detectar muitas das incompatibilidades com a obra já em execução, geralmente quando as estruturas já estão executadas.

5.2 ESCOLHA DO SOFTWARE DE INTERFACE BIM

O software escolhido para o estudo de caso foi o Revit 2013, da Autodesk. Essa versão apresenta a vantagem de compilar as três suítes de aplicativos (arquitetural, estrutural e instalações) em um único programa, além de ser compatível com o Autocad, o programa mais utilizado pelos profissionais da área de construção civil atualmente.

Para cada disciplina o Revit disponibiliza um "template" diferente, ou seja, um arquivo inicial que contém as famílias (paredes, portas, janelas, tubulações) de equipamentos básicos para a modelagem. O Revit também está habilitado e certificado para permitir tanto a exportação quanto a importação de arquivos em formato IFC. Mesmo não sendo foco deste trabalho, a interoperabilidade é uma das características importantes que um software BIM deva ter, para permitir o compartilhamento de seus arquivos com outros programas.

O Revit organiza-se através de famílias de objetos e tipos a que pertencem essas famílias. Famílias são os elementos construtivos (paredes, janelas, portas, lajes, pilares e vigas) e tipos são as variações desses elementos (parede interna ou externa, com ou sem revestimento, pilar de retangular de 50x60, pilar retangular de 40x60, etc).

Essas famílias possuem propriedades paramétricas fixas onde só é possível alterar os valores e duplicar para criar novos tipos.

Na disciplina de estrutura, o Revit permite a exportação dos dados para a realização de análises estruturais em outros aplicativos. Ressalta-se que as famílias disponíveis no template do Revit para estrutura seguem as normas americanas e por isso tem de ser modificadas para atender as normas de dimensionamento estrutural brasileiras.

Na disciplina MEP, o Revit permite a elaboração de projetos de instalações elétricas, hidráulica e de ar condicionado, gerando desenhos e documentações. Em projetos de hidráulica permite a criação de sistemas hidráulicos automaticamente, a partir da seleção dos aparelhos hidráulicos integrantes. Possui interface com o aplicativo da Tigre (TigreCAD), que disponibiliza famílias de componentes gratuitos via internet.

A escolha por esse software não se deu em função do conhecimento, pois a pesquisadora não possuía conhecimento prévio de nenhum dos softwares, sendo necessário um estudo dos programas escolhidos para o desenvolvimento da proposta. Por esse motivo também as horas gastas no processo de modelagem e compatibilização não foram levadas em consideração, não sendo possível comparar agilidade ou velocidade desse processo com o tradicional.

O Revit é o software com interface BIM mais utilizado no mercado, sendo mais fácil encontrar grupos e blogs que pudessem auxiliar no aprendizado, o que também auxiliou na escolha.

5.3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE INFORMAÇÃO

O modelo de informação do projeto foi desenvolvido em três etapas: modelo arquitetônico, estrutural e de instalações elétricas. Cada um desses modelos foi desenvolvido com base em templates próprios de cada disciplina, com as devidas famílias já disponíveis e, posteriormente, reunidos em um único arquivo, como "vínculos de Revit" para a compatibilização.

Para o desenvolvimento de cada um dos modelos foram utilizadas como base os projetos bidimensionais originais em DWG, importados para o Revit no formato de "vínculo de CAD", para facilitar a modelagem tridimensional. Em cada um deles foi utilizada a versão final do projeto básico, utilizado na execução.

São apresentadas, a seguir, as características principais do desenvolvimento de cada modelo, iniciando pelo de arquitetura, que é o que mais se assemelha com o produto final. Alguns elementos foram ignorados devido ao nível de detalhamento necessário à compatibilização dos sistemas escolhidos. Muitas famílias têm mais informações do que é necessário para a avaliação pretendida, tornando os arquivos lentos e de difícil visualização. Por exemplo, algumas famílias de portas vêm detalhadas com maçanetas e portais, o que não é interessante para esse trabalho, sendo necessário somente a correta localização e altura do elemento porta.

Diferente do que acontece no AutoCAD, onde o processo tridimensional é realizado pela extrusão de objetos bidimensionais em volumes tridimensionais, formando o

volume total e depois inserindo acabamentos, no Revit o modelo tridimensional é resultado da inserção de todos os elementos constituintes da edificação. Isso gera um pouco de dificuldade para os que são acostumados com as ferramentas do AutoCAD, pois formas mais complexas demandam mais tempo de execução no Revit do que no AutoCAD, já que se tem de inserir um número maior de informações.

A Figura 5.5 ilustra a versão final dos modelos de estrutura, instalações e arquitetura, antes de unidas para o processo de compatibilização.

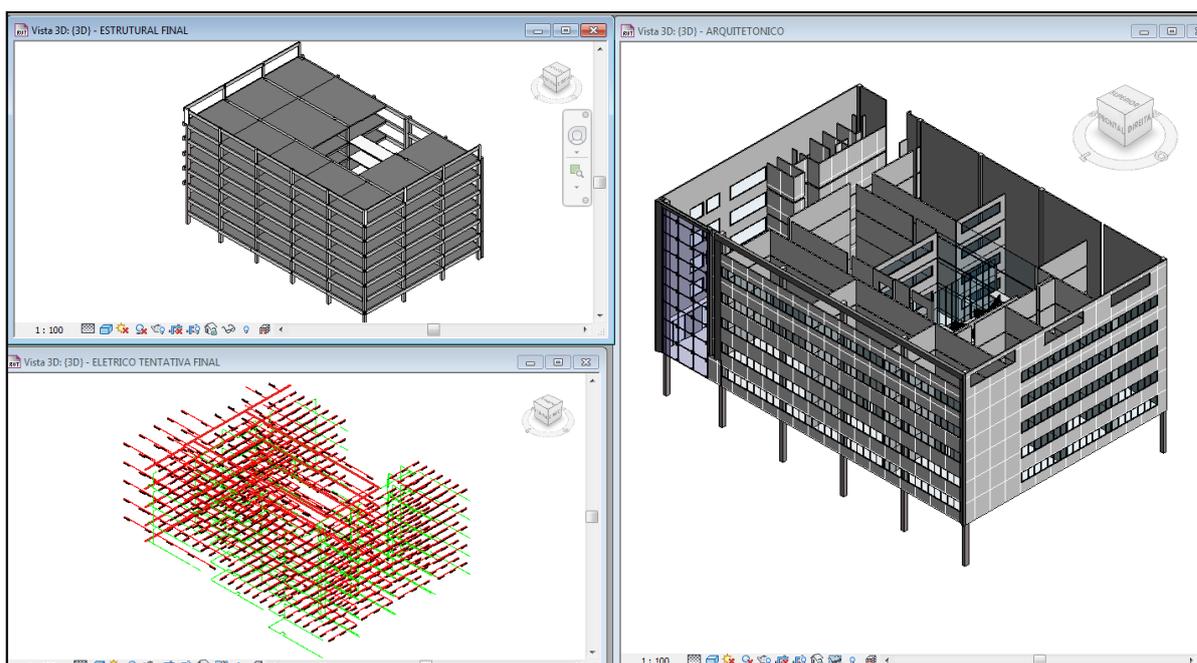


Figura 5.5: Modelos de estrutura, instalações elétricas e arquitetura desenvolvida no Revit

5.3.1 Desenvolvimento do modelo de arquitetura

A primeira etapa foi a criação dos níveis de referência do projeto. O Revit reconhece e cria automaticamente um pavimento para cada nível. Assim, após criar os níveis, as respectivas plantas bidimensionais foram importadas e a partir delas iniciou-se a modelagem dos elementos do modelo de arquitetura. A modelagem foi feita a partir das vistas planas, inserindo-se o valor do eixo vertical aos elementos desenhados.

O programa permite que se selecione, em caso de elementos existentes em mais de uma disciplina, com qual característica se quer o elemento. Como no caso dos pilares, pode-se optar por pilar estrutural, que carrega informações básicas sobre a composição do

elemento, ou uma coluna de arquitetura, sem informações. Dessa forma foi utilizado no modelo de arquitetura famílias de colunas de arquitetura, com as dimensões especificadas pelo projeto.

Como nos softwares BIM é necessário fornecer informações para parametrizar cada elemento, para cada tipo (paredes, colunas, portas, etc) foram criados novos elementos a partir das famílias existentes nos templates, editados de acordo com as exigências do projeto.

Assim foi feito com as paredes. A partir de um modelo existente, editou-se as características, determinando seus materiais e espessura. Foram criados para o projeto cinco tipos diferentes de paredes (gesso acartonado de 10 e 15 cm, parede existente 15 cm, parede com bloco sporex de 15 cm e parede estrutural) visíveis na Figura 5.6. As alturas foram determinadas na barra de propriedades (Figura 5.6), a qual também permite que se determine o nível de início e final da parede. Essas alturas não pertencem ao grupo de características da família, são parametrizáveis.

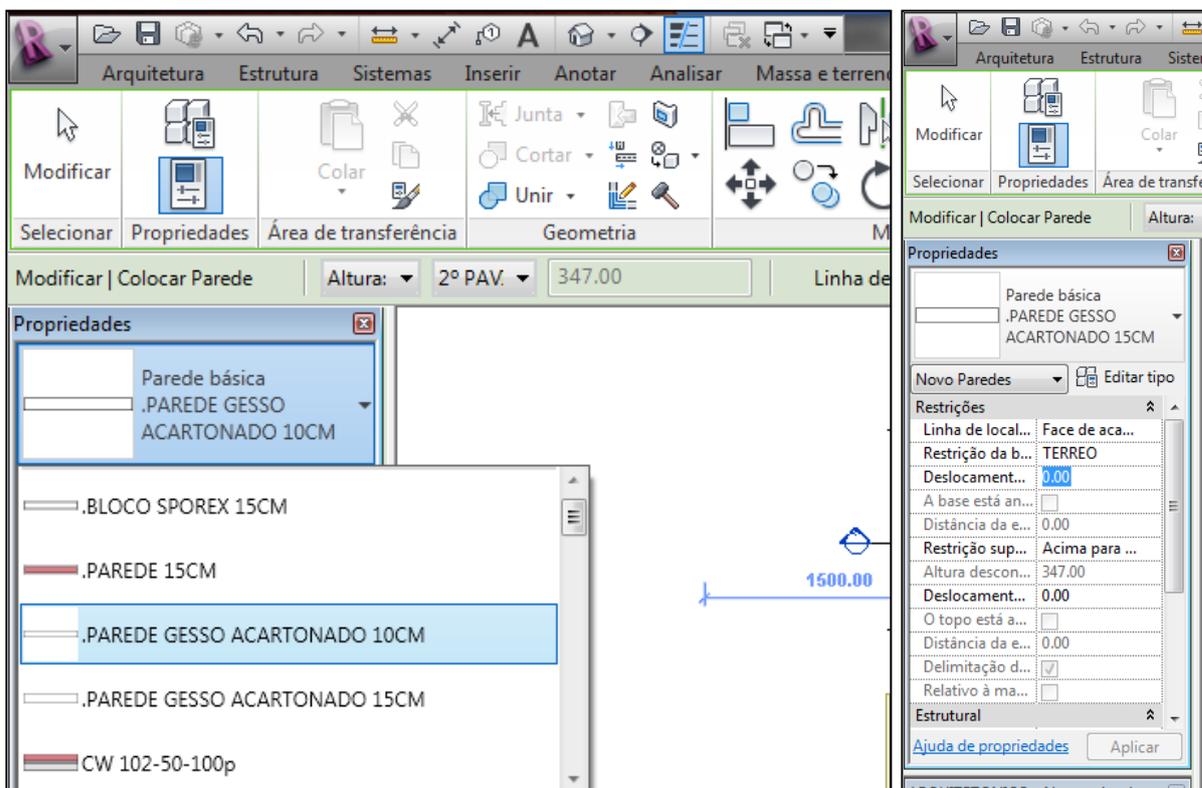


Figura 5.6: Grupo de paredes utilizadas no projeto e barra de propriedades

Da mesma forma feita com as paredes, foram criadas as portas e janelas, de acordo com as determinações do projeto, retiradas das tabelas de esquadrias e cortes. Algumas janelas possuíam peitoril variável no quadro e não apareciam em nenhum dos cortes. Dessa forma foram consideradas as alturas dos peitoris de janelas semelhantes. Não foi atribuído forro ao modelo, pois este não era indicado no projeto.

Como já iam ser modeladas as lajes no modelo estrutural e juntar os modelos no final, optou-se por não inserir pisos no modelo de arquitetura, para diminuir o volume de informação. A inserção de pisos segue o mesmo modelo de criação de paredes e componentes já descritos. Parte-se de uma família existente, modelando de acordo com as necessidades de projeto.

O modelo final de arquitetura com paredes internas, portas, janelas, escadas e elementos de fachada é apresentado na Figura 5.7.

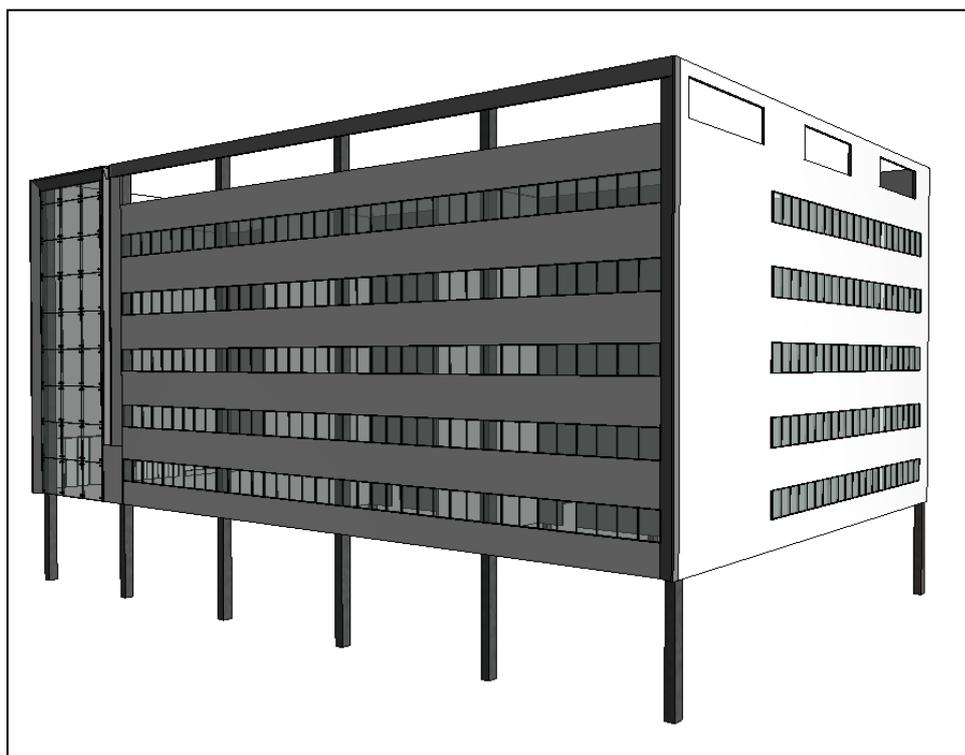


Figura 5.7: Modelo de arquitetura

5.3.2 Desenvolvimento do modelo de estrutura

O modelo de estrutura foi desenvolvido com base nos arquivos 2D do Autocad. As unidades do projeto foram configuradas de acordo com os projetos originais, tanto em

arquitetura quanto no de estruturas e instalações, utilizando-se como unidade padrão o centímetro. A padronização das unidades é importante uma vez que os vínculos criados irão se sobrepor em um único arquivo, devendo apresentar o mesmo tamanho antes da importação, pois mudar a unidade no momento da importação pode acarretar erros de desenho.

O modelo de estrutura, assim como o de arquitetura, começou com o desenvolvimento dos elementos envolvidos - vigas, pilares e lajes. As vigas possuíam furos prévios para passagem de tubulações como visível na Figura 5.8.

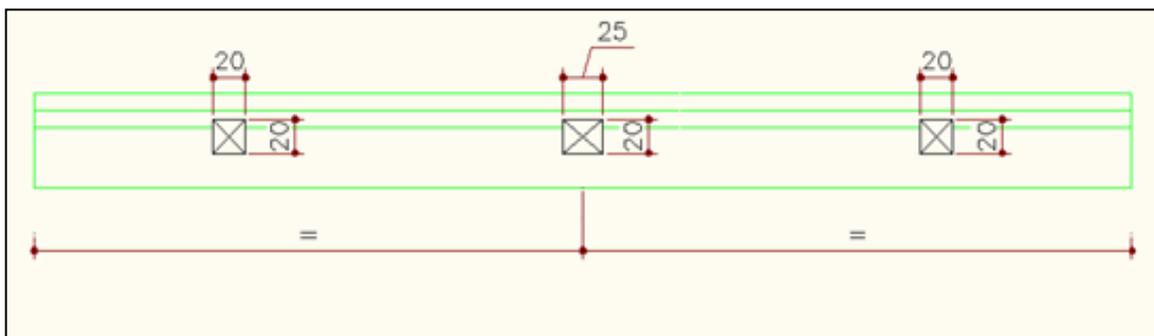


Figura 5.8: Furos prévios nas vigas

Por esse modelo das furações nas vigas já foi possível prever que as mesmas não seriam suficientes para passar os dutos do projeto de elétrica.

A partir das famílias de elementos foram editadas e criadas as famílias próprias para o modelo. As lajes utilizadas no projeto eram do tipo alveolar, em placas de no máximo 1m de largura. A princípio o sistema foi modelado com esse tipo de laje, porém no decorrer do trabalho e aumento do fluxo de informação foi necessário mudar o tipo desta. Assim, ao invés de utilizar a laje alveolar, na modelagem foi utilizada uma laje maciça. Ressalta-se que isso foi possível, pois o foco do trabalho é a compatibilização, onde são importantes as dimensões exatas do volume criado por um elemento. Se o modelo fosse servir de base para o projeto executivo final e orçamento de obra, isso não poderia ser feito.

O programa possibilita a adição de informações sobre dados estruturais, permitindo o acréscimo de cargas para a exportação para softwares de análise estrutural. Porém neste trabalho não se levou em consideração essa característica, atentando somente para a volumetria dos elementos.



Figura 5.9: Modelo de estruturas

5.3.3 Desenvolvimento do modelo de elétrica

O projeto de elétrica foi desenvolvido de modo um pouco diferente dos demais. Como o programa não permite a inserção de dutos e eletrodutos sem que haja paredes no projeto, o modelo de arquitetura foi importado via "link de Revit" para auxiliar na modelagem. Esse link é outro arquivo importado como um bloco, contendo todas as informações do projeto, porém como um objeto único. Esse processo não permite alteração no modelo. Para fazer isso é necessário abrir o arquivo original, realizar as modificações e recarregar o link no arquivo da importação.

Após a importação do modelo de arquitetura, foram importadas as plantas baixa do projeto elétrico de cada pavimento em DWG. Logo no início foi possível perceber incompatibilidades entre os desenhos de arquitetura e hidráulica. As paredes internas do projeto elétrico estavam deslocadas em relação ao de arquitetura (Figura 5.10). Dependendo da experiência do executor isso pode não ser problema, desde que se adotem as cotas a partir das paredes externas que se coincidem. O projetista informou que parte do projeto elétrico foi executado antes das paredes internas de arquitetura, para se evitar ao máximo possível quebras para passagem de dutos. Assim, possivelmente o executor do projeto elétrico tomou por base o ponto das paredes externas. Vale lembrar que o sistema elétrico em questão é em sua maioria por tubulações externas às paredes, facilitando a correção de problemas na obra.

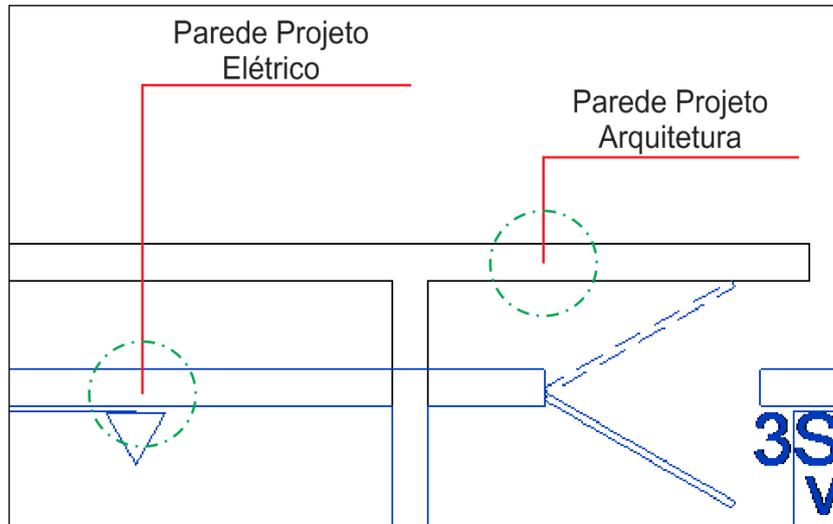


Figura 5.10: Incompatibilidade entre paredes dos projetos de arquitetura e elétrico

Não foram considerados os quadros de cargas do projeto, pois as instalações partiram do projeto de uma edificação já existente, não se tendo acesso a esse material lembrando que a edificação estudada é um anexo.

Continuando com a modelagem, foram escolhidos os tubos e conexões relativos aos do projeto original. O Revit faz a conexão automática da tubulação, desde que configurado, o que facilita a modelagem. Inserindo o valor do deslocamento vertical de dois tubos e ligando-os horizontalmente, o programa faz a junção tridimensional das peças. O sistema elétrico dessa edificação é composto por eletrocalhas de 300x50 mm e 38x38mm, e eletrodutos de aço galvanizado de 21'. As luminárias são de sobrepor com duas lâmpadas. A Figura 5.11 mostra um detalhe do modelo final de instalações elétricas.

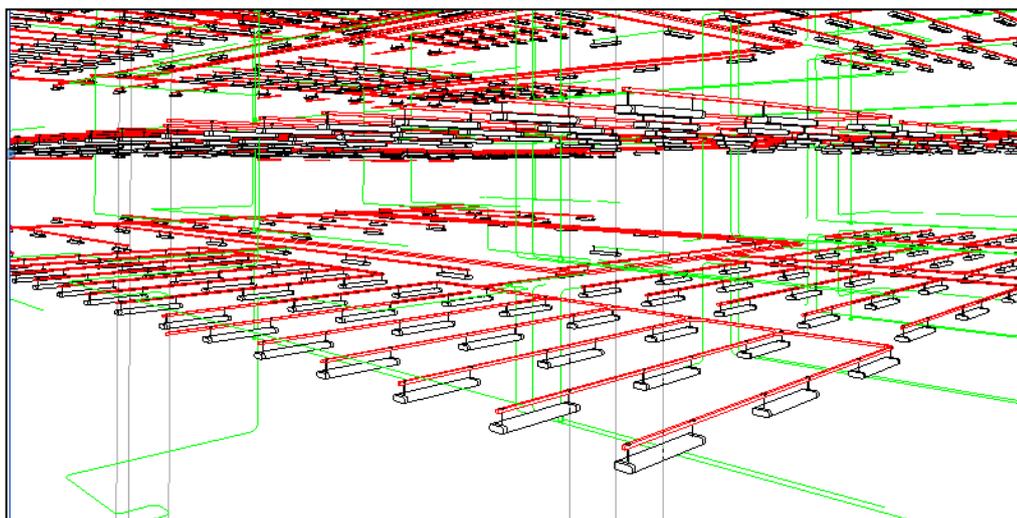


Figura 5.11: Detalhe do modelo de instalações elétricas

Os furos prévios do projeto estrutural parecem não ter sido considerados, o que por hipótese considera-se que o projetista de instalações não teve acesso ao projeto estrutural o que explica possíveis interferências entre esses sistemas.

A modelagem desse sistema foi o mais difícil, visto a dificuldade de se encontrar material apropriado. Os fóruns e grupos na internet focam mais nas ferramentas de arquitetura e os que pagaram por aulas não querem compartilhar o conhecimento. Assim, esse modelo foi desenvolvido praticamente pelo método de "tentativa e erro". Isso justifica possíveis erros de modelagem, que foram relevados no processo de compatibilização.

5.4 COMPATIBILIZAÇÃO

É importante ressaltar que em condições reais nenhum projetista ficaria responsável por modelar todas as instâncias de um projeto. Isso foi realizado nesse trabalho como didática para apresentação e avaliação da metodologia proposta. Da mesma forma, contratar um profissional para fazer esse serviço, modelar e compatibilizar é uma perda de tempo e dinheiro, que vai contra os preceitos pregados pelo BIM. A intenção é fazer com que todos os profissionais utilizem esse tipo de ferramenta, visando facilitar a troca de informações entre eles, facilitando o processo de compatibilização através dos modelos disponibilizados em uma plataforma de compartilhamento.

Após o desenvolvimento dos modelos, compilaram-se os três em um único arquivo, utilizando "links de Revit", escolhendo-se um ponto em comum dos modelos para criar a sobreposição. Esses links mantêm ligação com os arquivos originais, podendo ser modificados a qualquer momento e atualizados no modelo de compatibilização, evitando o retrabalho de localizar o modelo novamente. O modelo final para compatibilização é apresentado na Figura 5.12.

Algumas das interferências foram detectadas já no momento da modelagem, ao se sobrepor plantas e projetos, como foi o caso do projeto de arquitetura e elétrico. Isso foi perceptível também entre o projeto de estruturas e elétrico. A maior parte das incompatibilidades eram visíveis em planta, e com algumas modificações na característica dos elementos poderiam ter sido evitados.

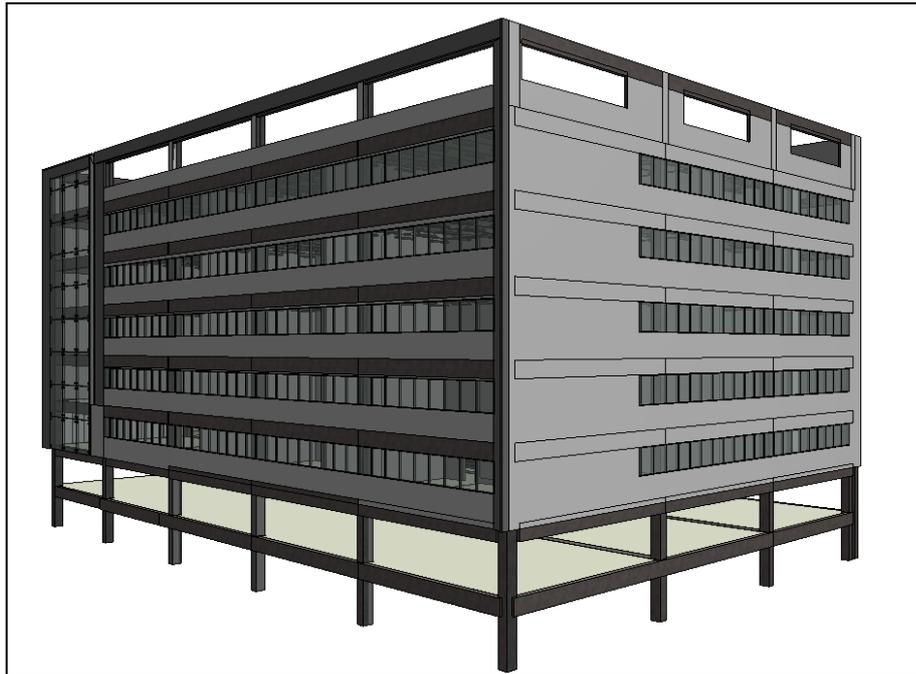


Figura 5.12: Modelo final para compatibilização

A ferramenta de compatibilização está disponível no Revit no menu Colaborar > Executar verificação de interferências (Figura 5.13). A partir desse comando surge uma janela de elementos, que permite a escolha da disciplina, ou os links a serem utilizados na verificação.

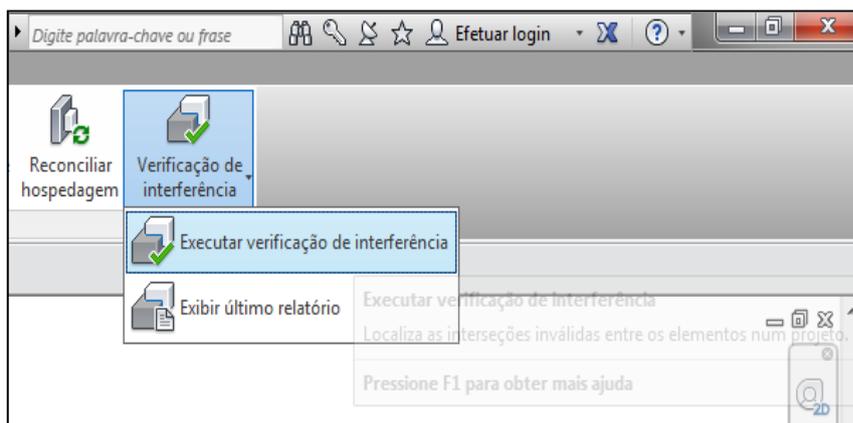


Figura 5.13: Ferramenta para detecção de interferências entre modelos

Na Figura 5.14, são ilustradas as configurações para verificação do projeto atual, que no caso era o estrutural, com o link de elétrica. Nas abas de elementos foram selecionados terça, viga-mestre, bandejas de cabos e conduítes, indicando entre quais elementos o

programa deveria verificar interferências. Isso é vantajoso, uma vez que o projetista pode escolher as áreas do projeto que ele reconhece ser mais propensa a falhas.

Para facilitar, foi desenvolvida uma matriz entre os elementos que deveriam ser compatibilizados. Essa matriz é apresentada no Quadro 5.2 e representa os elementos e disciplinas entre os quais foi realizada a verificação de interferência.

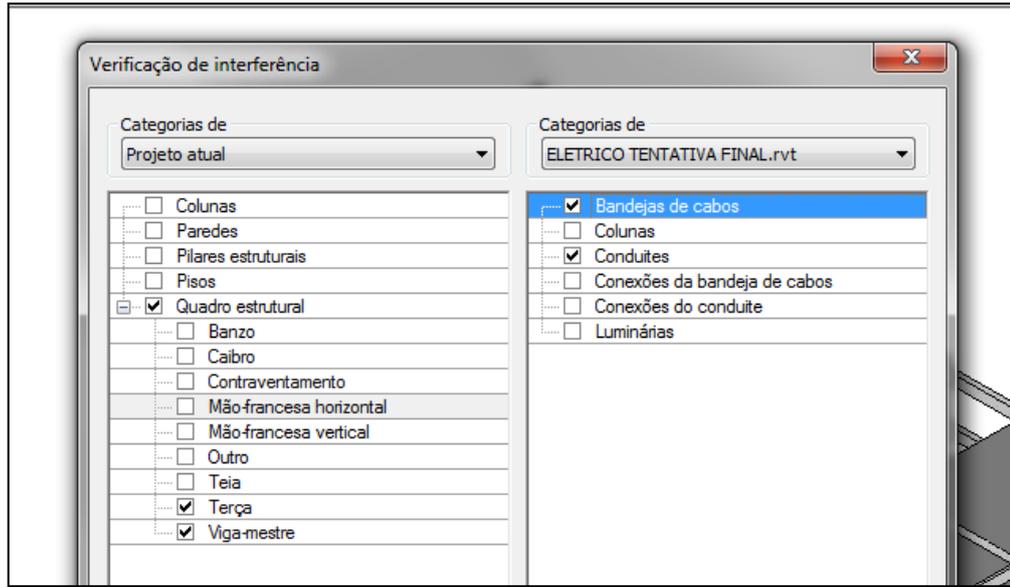


Figura 5.14: Escolha das categorias a serem verificadas

Quadro 5.2: Matriz para verificação de interferências

MATRIZ DE COMPATIBILIZAÇÃO	Disciplinas Compatibilizadas		
	Estrutural	X	Elétrico
Elementos compatibilizados	Vigas	X	Bandejas de Cabos
	Lajes		Conduítes
	Pilares		
	Arquitetônico	X	Elétrico
Elementos compatibilizados	Paredes	X	
	Janelas		Bandejas de Cabos
	Portas		Conduítes
	Escadas		
	Arquitetônico		Estrutural
Elementos compatibilizados	Paredes	X	Vigas
	Janelas		Lajes
	Portas		Pilares
	Escadas		

Por fim é gerado o relatório de interferências, onde é possível selecionar os elementos incompatíveis através de um destaque de cores. A Figura 5.15 apresenta o relatório de interferência gerado pelo programa, evidenciando a interferência entre uma viga do projeto estrutural e uma bandeja de cabos do projeto elétrico.

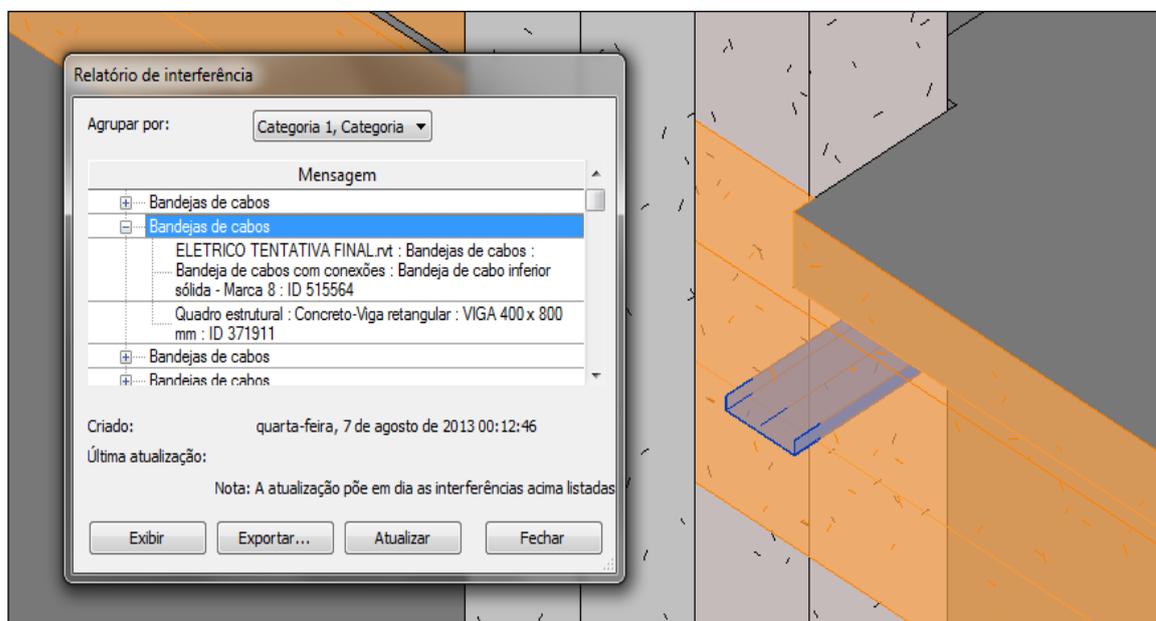


Figura 5.15: Relatório de interferências evidenciando os elementos conflitantes nas cores azul e laranja

O problema com esse relatório automático é que ele exagera na quantidade de conflitos. Ele cobra uma modelagem perfeita e quando isso não é satisfeito gera alguns pontos como incompatíveis. Cabe ao profissional filtrar os resultados do relatório nos pontos em que sabe-se ser mais propensos à falhas.

Krieger (2013) atenta para a diferença entre "boa modelagem" e "modelagem perfeita". Segundo ele, seguir os relatórios de detecção de conflitos como regra pode ocasionar a perda de muitas horas de trabalho com a limpeza do modelo, contrariando as premissas do BIM de economia no tempo de projeto. Não se pode deixar que o computador faça tudo, bons arquitetos sabem onde devem concentrar seus esforços de coordenação.

A correção das interferências encontradas deve ser realizada no modelo da disciplina e atualizada no modelo de compatibilização, devendo ser atualizado também após esse processo o relatório de erros. Este, dependendo da necessidade pode ser exportado em um arquivo no formato HTML. A Figura 5.16 apresenta um modelo de relatório exportado nesse formato, onde é indicado o elemento do projeto estrutural (A) que conflita com o elemento do projeto elétrico (B).

	A	B
1	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 328773	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Bandejas de cabos : Bandeira de cabos com conexões : Bandeira de cabo de guia - Marca 1 : ID 515037
2	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329685	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conduites : Conduite sem conexões : Encanamento Metálico Elétrico (EME) - Marca 129 : ID 531100
3	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329685	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conduites : Conduite sem conexões : Encanamento Metálico Elétrico (EME) - Marca 130 : ID 531111
4	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329685	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - EMT : Padrão - Marca 369 : ID 531201
5	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329687	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conduites : Conduite sem conexões : Encanamento Metálico Elétrico (EME) - Marca 125 : ID 530808
6	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329687	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conduites : Conduite sem conexões : Encanamento Metálico Elétrico (EME) - Marca 126 : ID 530901
7	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329687	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - EMT : Padrão - Marca 334 : ID 530975
8	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329687	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conduites : Conduite sem conexões : Encanamento Metálico Elétrico (EME) - Marca 127 : ID 530977
9	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329687	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - EMT : Padrão - Marca 371 : ID 531230
10	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329710	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conduites : Conduite sem conexões : Encanamento Metálico Elétrico (EME) - Marca 354 : ID 534462
11	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329710	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conduites : Conduite sem conexões : Encanamento Metálico Elétrico (EME) - Marca 355 : ID 534465
12	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329710	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - EMT : Padrão - Marca 510 : ID 534466
13	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329712	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conduites : Conduite sem conexões : Encanamento Metálico Elétrico (EME) - Marca 350 : ID 534453
14	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329712	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conduites : Conduite sem conexões : Encanamento Metálico Elétrico (EME) - Marca 351 : ID 534457
15	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329712	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - EMT : Padrão - Marca 508 : ID 534458
16	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329712	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conduites : Conduite sem conexões : Encanamento Metálico Elétrico (EME) - Marca 352 : ID 534460
17	Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : VIGA 400 x 800 mm : ID 329712	ELETRICO TENTATIVA FINAL.rvt : Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - EMT : Padrão - Marca 511 : ID 534468

Figura 5.16: Modelo do relatório de interferências

Nesse estudo, o relatório automático gerado pelo programa apontou para 259 erros, muitos destes ocasionados por conexões que o sistema considerou incompatíveis entre si e por isso relatou como erro. Isto foi descartado, pois a modelagem tratou apenas de conceber os volumes constituintes do projeto. Como não era o foco a quantificação e orçamento da edificação, a modelagem ficou limitada a seguir apenas o dimensionamento correto do sistema e não a um detalhamento das conexões.

5.5 INTERFERENCIAS DETECTADAS

Os projetos foram compatibilizados seguindo as orientações da matriz de verificação. Após escolher e interpolar as disciplinas e elementos, o programa gerou um relatório de erros, que foram analisados um a um. Apesar do programa disponibilizar a ferramenta de detecção de conflitos, muitos desses podem ser identificados durante a modelagem e já na importação de links de outras disciplinas. Isso porque o processo de projeto por modelagem tridimensional permite que a edificação seja vista por outras perspectivas que facilitam a visualização.

O que foi verificado em todas as instâncias do processo de compatibilização, é que a maioria dos erros gerados automaticamente pelo programa era referente a erros no momento da modelagem, seja por inexperiência ou descuido, e falha de conexão entre elementos.

O processo de modelagem requer uma atenção a mais, pois muitas informações importantes não estão disponíveis e precisam ser levantadas. O fato de se partir de um projeto já elaborado bidimensionalmente dificulta essa perspectiva. A mudança para o desenvolvimento de projetos direto na plataforma BIM, deve melhorar esse processo, pois as informações serão mais precisas.

É importante ressaltar que a avaliação foi realizada somente em cima de elementos sólidos, excluindo-se a incompatibilidade entre desenhos, símbolos padrões e outros quesitos levados em consideração no processo tradicional de compatibilização. Esses devem sim ser levados em consideração, pois acarretam problemas de execução com a leitura errada das informações, porém não foram consideradas como objeto de estudo nesse trabalho.

Os primeiros projetos compatibilizados foram o de estruturas e elétrico. Após escolher as configurações conforme apresentado na matriz de verificação o programa gerou os relatórios automático das interferências. Seguindo essas premissas, foram constatados cinco tipologias de problemas, que se repetiam mais de uma vez no pavimento e espelhavam-se aos pavimentos-tipo. Essas interferências foram listadas no Quadro 5.3, onde são descritas suas características. Na Figura 5.17, é possível visualizar as interferências em uma planta esquemática através da legenda.

Quadro 5.3: Principais interferências encontradas entre os projetos estrutural e elétrico

Legenda	Descrição do problema identificado
1	Eletrocalha conflitando com a viga estrutural longitudinalmente
2	Eletrocalha conflitando com pilar estrutural
3	Eletrocalha 38x38mm conflitando com viga estrutural
4	Eletrocalha conflitando com a viga estrutural transversalmente
5	Conduíte conflitando com viga estrutural

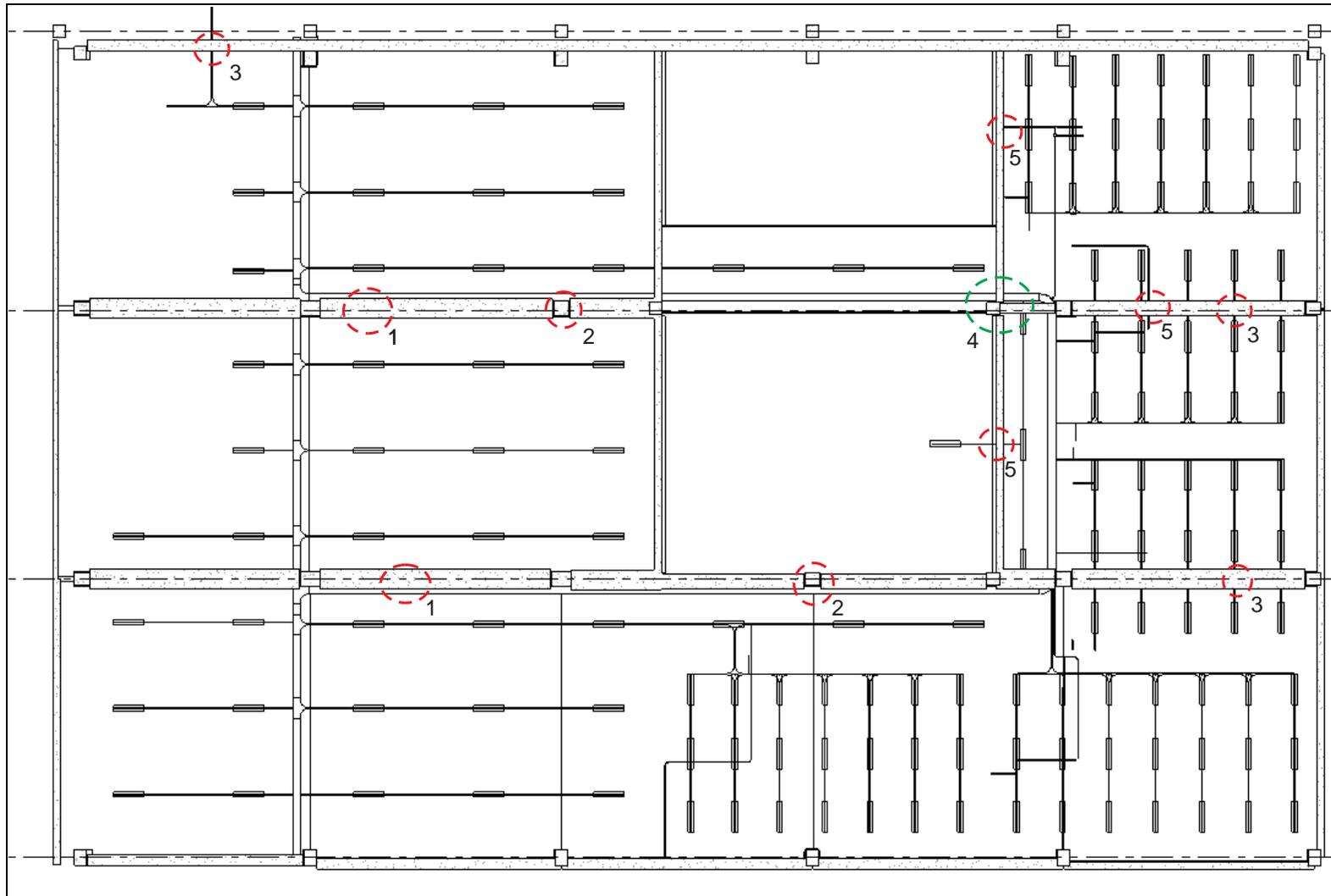


Figura 5.17: Planta baixa indicativa dos erros encontrados na compatibilização Estrutura X Instalações

O primeiro problema identificado foi a interferência entre as eletrocalhas e vigas. Isso aconteceu provavelmente por desconhecimento do projeto de estruturas. A especificação de execução da eletrocalha é fixá-la a 10 cm da laje. Isso já era visto que seria incompatível em alguns pontos, já que o tamanho médio das vigas é de 80 cm e poderia ter sido identificado com a análise do projeto bidimensional de estruturas, podendo ser considerado como omissão de projeto, onde o profissional preocupou-se somente com o seu projeto ou não teve acesso aos demais projetos. Poderiam ter sido detectados sem a necessidade de compatibilização com a análise do projeto estrutural e alguns cortes e vistas detalhando os principais pontos do sistema elétrico.

O Revit permite que se escolha a vista mais adequada para a visualização da interferência. A Figura 5.18 representa a visualização em planta e evidencia em azul a eletrocalha passando pela viga. Isso seria facilmente resolvido apenas movendo um pouco a eletrocalha, mas para isso, deveria antes haver o conhecimento de que esses elementos encontravam-se em sobreposição. A altura de fixação das eletrocalhas também poderia ser modificada, porém isso poderia comprometer a altura do pé-direito previsto pela arquitetura.

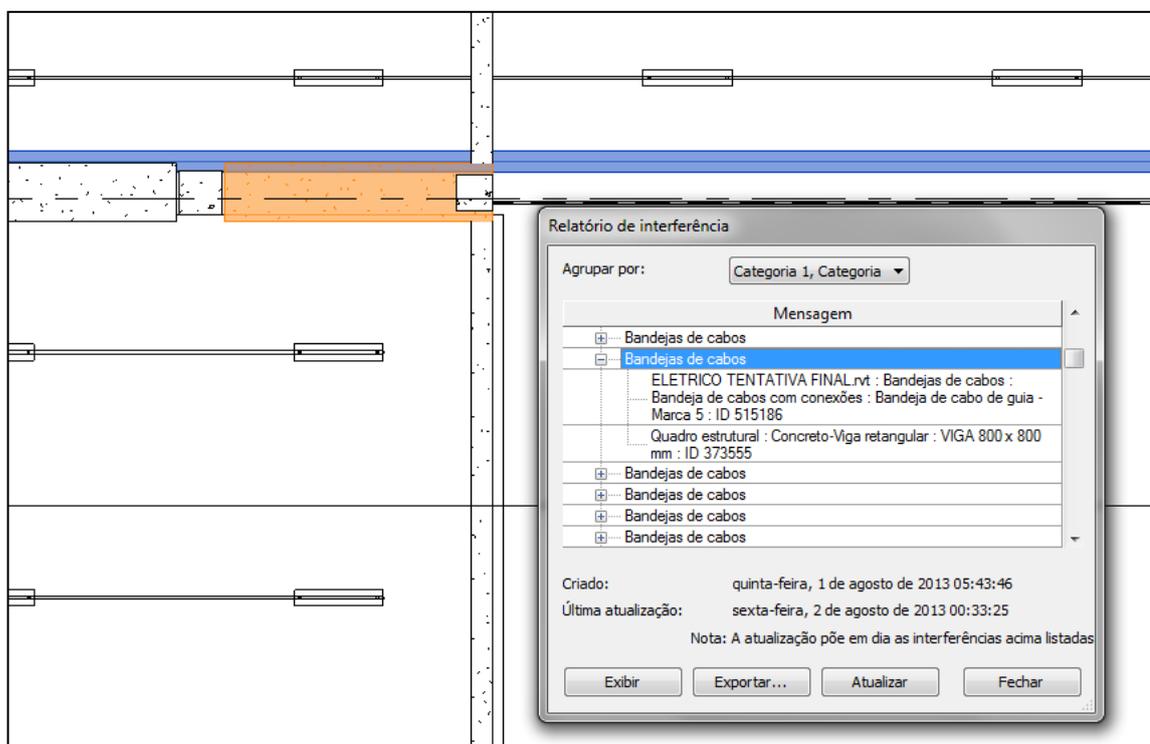


Figura 5.18: Detecção de incompatibilidades em planta

Góes (2011) levantou algumas premissas que favorecem as incompatibilidades entre os projetos de instalações e estrutura e uma delas é a própria despreocupação dos projetistas de instalações quanto a interferências, pois grande parte das decisões é feita na obra onde é possível ver por onde é melhor passar a tubulação.

O erro de número 2, a locação das eletrocalhas conflitou também com os pilares, evidenciado na Figura 5.19. O fato de se deixar para ajustar os sistemas na obra pode ocasionar conflitos com outras disciplinas, já que provavelmente se trata de diferentes profissionais, sem contar o fato de que isso acarreta uma demora a mais no prazo de execução.

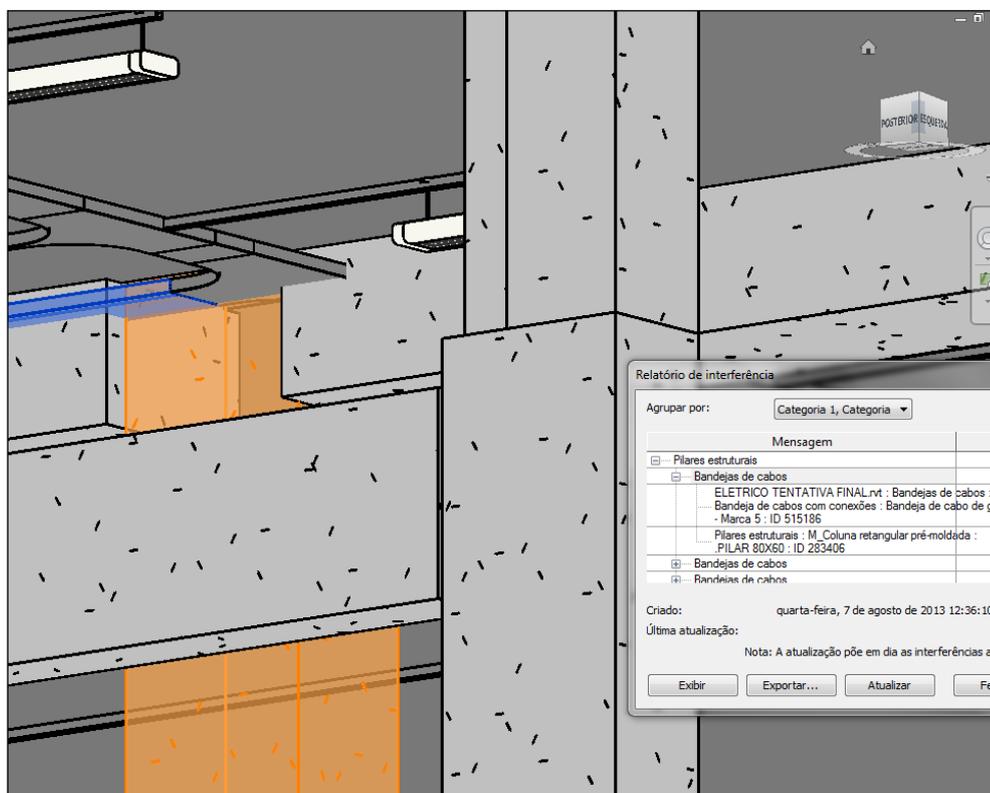


Figura 5.19: Interferência da bandeja de cabos (azul) com o pilar (laranja)

As interferências de número 3 e 4 são referentes à incompatibilidade entre os eletrodutos que atravessam a viga. As vigas são pré-moldadas e por isso já chegaram à obra com as furações próprias, o que significa que para a passagem das eletrocalhas de 30x5 cm foi necessário expandir as aberturas ou ainda criar novas aberturas, já que as mesmas, de 20 cm não permitiam a passagem das eletrocalhas. Já para as eletrocalhas de 3,8x3,8 cm, o espaço seria suficiente, porém, o que se percebe na planta baixa do projeto elétrico é que as aberturas não são suficientes para passar todos as eletrocalhas dessa dimensão.

Nesse estudo não foi compatibilizado o projeto de instalações hidráulicas, porém é possível prever que as furações também não seriam suficientes para a passagem dessas tubulações, ocasionando interferências também nesse sistema. Não é possível informar se a abertura de novos furos ou aumento dos já existentes afetou a integridade da viga.

O certo seria que os projetos de instalações partissem do projeto de estruturas, voltando este para os projetistas estruturais com a indicação das furações necessárias para a passagem das tubulações.

Na Figura 5.20 é apresentada a visualização da interferência entre a maior eletrocalha e a viga. Na Figura 5.21, um detalhe da execução mostra como foi resolvido o problema de passagem desse elemento e também o problema de número 1, pois a eletrocalha e a viga vistas na figura são as que estavam conflitantes no primeiro problema.

O que se percebe é que os problemas parecem realmente ser solucionados somente na obra, levantando a questão de quanto tempo se perde até que o profissional responsável vá até a obra para resolver esse problema e passar as novas diretrizes aos construtores.

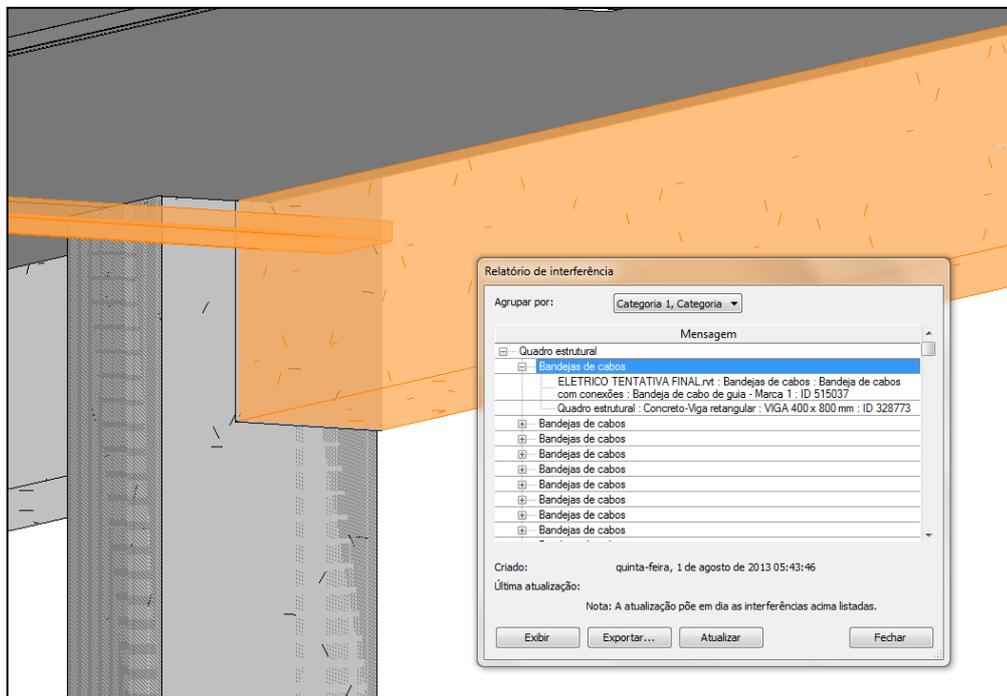


Figura 5.20: Detecção de interferência em vista tridimensional



Figura 5.21: Detalhe da eletrocalha passando pela viga
Fonte: CSA Arquitetura, 2013

O último problema é o mais fácil de resolver e isso explica a negligência quanto a seu ajuste em projeto. A incompatibilidade entre eletrodutos e vigas (Figura 5.22). Os eletrodutos afixados sob a laje ou teto não tem altura especificada, adotando a cota detalhada para as eletrocalhas para a modelagem desses elementos. O que se percebe é que esses elementos claramente foram projetados para serem adaptados na obra.

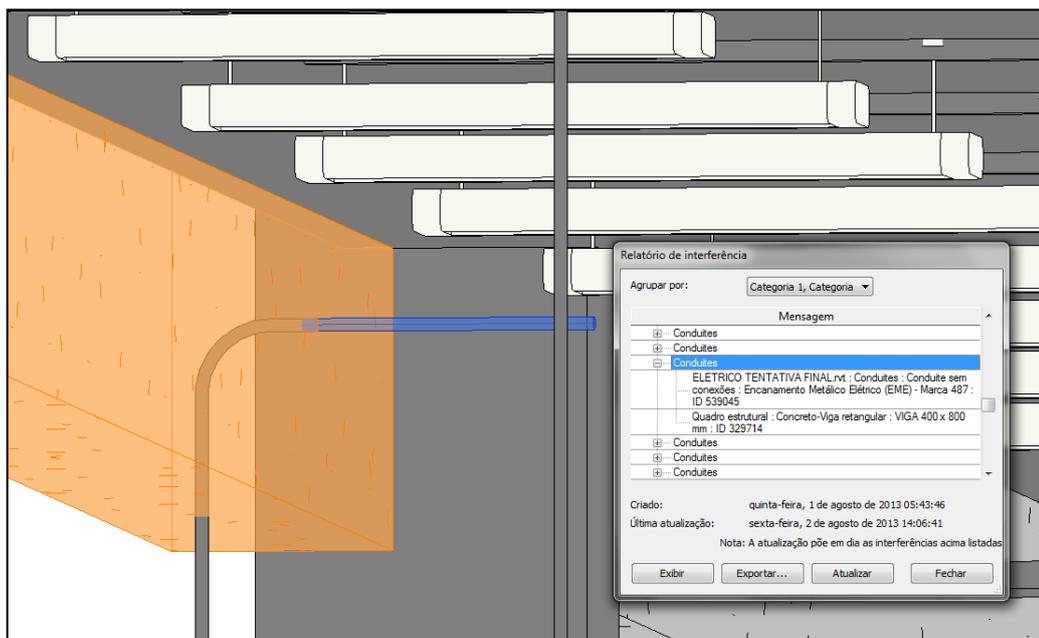


Figura 5.22: Detecção de interferência entre conduítes e viga

A compatibilização entre projeto de arquitetura e estrutura gerou um relatório de erros que, após analisados foram considerados apenas como erros de incompatibilidades do modelo e não do projeto e, por isso não foram considerados no estudo. O projetista informou que o projeto de estrutura conflitou com alguns acessos e circulação e por isso voltaram aos projetistas estruturais após análise do arquiteto, o que pode justificar o fato de não haver erros. É claro que a ausência de erros pode ter sido ocasionada pelo nível de detalhamento, pois em alguns casos não foi possível encontrar as famílias de elementos necessários, utilizando alguns semelhantes. Esse foi o caso da escada metálica, em que a ausência de uma biblioteca de perfis estruturais não permitiu um melhor detalhamento desse elemento.

Já a compatibilização entre projeto de arquitetura e instalações elétricas rendeu 3 tipos de incompatibilidades, relacionadas a interferências entre paredes e eletrocalhas e paredes e conduítes (Figura 5.23). Esse tipo de incompatibilidade gera um desperdício de material, uma vez que as paredes já erguidas têm de ser quebradas para a passagem das tubulações. Porém, segundo informado pelo projetista, a execução do projeto de elétrica se deu primeiro que o das paredes internas de arquitetura, adaptando essa última às tubulações acabadas e que a quebra de paredes só se deu por causa das mudanças no projeto de elétrica, que não foram repassadas para esse estudo.

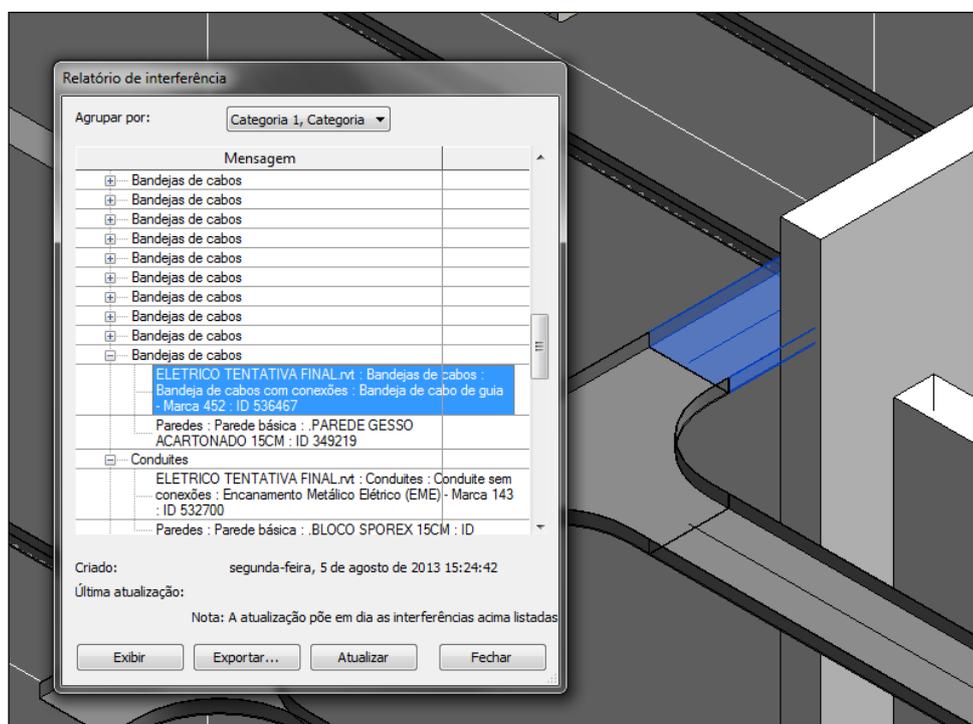


Figura 5.23: Interferência entre bandeja de cabos e paredes

5.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O número de interferências aparentemente é pequeno, porém conduz a avaliação positiva do método, considerando que não foram avaliados projetos de hidráulica, ar condicionado e elementos não geométricos (simbologia). Isso provavelmente aumentaria consideravelmente o número de incompatibilidades, sabendo-se que os projetos de instalações são os que mais demandam esse tipo de problema. Porém, o tempo despendido para o desenvolvimento de todos esses modelos extrapolaria o cronograma dessa pesquisa, optando-se por utilizar apenas o projeto de instalações elétricas, estruturas e arquitetura, o que satisfaz ao objetivo da proposta, demonstrando a metodologia BIM no processo de compatibilização, comprovando que é possível detectar automaticamente interferências entre os projetos de edificações.

Ficou evidenciado também a potencialidade do BIM em reduzir significativamente o tempo gasto com retrabalhos de desenhos, uma vez que as informações são atualizadas automaticamente em todas as vistas do projeto. Caso fosse necessário, as incompatibilidades encontradas poderiam ter sido consertadas facilmente, ajustando-se todo o projeto em função da nova determinação do elemento paramétrico modificado. Isso pode ser muito vantajoso para a etapa de produção do "as built", um processo que pode ser longo e cansativo pelo nível de retrabalho que às vezes é necessário. Com o BIM e a atualização automática dos desenhos após a modificação de algum elemento, esse processo fica facilitado.

Apesar de ter sido utilizado para o estudo de caso uma edificação em concreto, o método aqui apresentado visa atender a qualquer tipo de construção, ressaltando ser nas edificações com grandes estruturas e sistemas pré-fabricados, o maior ganho com a utilização do BIM. Isso porque quanto maior a edificação e sua complexidade, maior o número de projetos e consequentes compatibilizações. E quanto aos sistemas pré-fabricados as chances de se conseguir consertar possíveis incompatibilidades em obra é mais difícil, ocasionando por vezes a necessidade de refabricação da peça, despendendo maior tempo e desperdício de material, ocasionada pelo descarte da peça não utilizada, aumentando o custo final da obra, o que pode ser evitado com a correta compatibilização.

O referencial teórico desenvolvido inicialmente levantou o processo de compatibilização e como este é importante para a qualidade final da edificação, evidenciando que os modelos tradicionais baseados em sobreposição de desenhos bidimensionais são falhos

e demandam muito tempo do projetista. Nessa etapa também foi possível levantar alguns pontos que contribuem para a não opção do BIM como ferramenta de projeto, confirmadas após o estudo de caso. O primeiro deles é referente à capacidade de processamento e armazenagem muito maior, exigindo máquinas mais caras e potentes, o que dificulta sua utilização por qualquer estudante ou profissional. Para amenizar tal problema é importante que o projetista determine o nível de detalhe do modelo. Por exemplo, em um modelo de anteprojeto de arquitetura, não é viável que sejam detalhados equipamentos de interiores, como portas mais rebuscadas ou detalhes que competem ao projeto de interiores. Isso só pesaria o modelo e não teria utilidade no produto final. Porém, convém lembrar que isso também aconteceu com os primeiros programas CAD de desenho, onde os computadores da época não conseguiam suprir a demanda. A tecnologia de hardware acabou evoluindo para acompanhar os softwares. Isso deve acontecer também com os softwares BIM. Quando o número de profissionais que utilizam esse processo for maior, o nível dos computadores deve acompanhar a demanda e reduzir os custos para a implantação de máquinas que comportem esses softwares.

O segundo ponto é quanto aos softwares que suportam a tecnologia BIM, que em sua maioria são caros e difíceis de aprender sem ajuda de um profissional. O Revit, por exemplo, disponibiliza tutoriais incompletos e de difícil compreensão, o que força os interessados a pagar pelo serviço de capacitação oferecido pela empresa. Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foi necessário o aprendizado de um software que contemplasse a metodologia BIM. Foi escolhido o software Revit, da Autodesk e como forma de aprendizado foram consultados além de livros, comunidades de sites de relacionamento. O que foi possível perceber com a participação desses grupos é que a maioria dos integrantes não tem ideia clara do que é o BIM e utiliza o software apenas na sua forma mais básica, que é o desenvolvimento de maquetes eletrônicas. Quando o projeto passou para a fase de desenvolvimento dos modelos de estrutura e elétrico a dificuldade em encontrar integrantes que tivessem conhecimento dessa parte foi maior, já que o foco principal nesses grupos é o software de arquitetura. Pode-se concluir que a tecnologia está sendo mais utilizada como ferramenta de desenho dentro dos escritórios de arquitetura, não interagindo com as outras disciplinas ligadas à produção do edifício.

Esse estudo aponta também para a necessidade de adequação das grades curriculares dos cursos de Engenharia e Arquitetura, com investimentos no processo de capacitação de seus alunos, contemplando disciplinas que ensinem o conceito BIM em sua

base original e não apenas ensinem os alunos a utilizarem mais um tipo de software. Além de investirem em pesquisas para o desenvolvimento de softwares livres que contemplem o BIM em sua interface devem investir também em estudos que visem adequar os softwares já existentes, às normas brasileiras.

A inadequação por parte de alguns softwares às normas brasileiras, também é vista como empecilho e pode justificar a dificuldade de implantação nos escritórios de engenharia. Porém, isso pode ser visto apenas como uma desculpa ocasionada pela falta de conhecimento. Como solução para esse problema, muitas empresas que já utilizam o BIM, criaram suas próprias bibliotecas de elementos, adequando-as às suas necessidades e normas vigentes. Aos poucos também, muitas empresas tem desenvolvido complementos aos softwares já conhecidos, visando facilitar a modelagem, conferindo características nacionais ao programa, como é o caso da Tigre e da Deca, que já disponibilizam gratuitamente, via internet, bibliotecas com seus componentes existentes no mercado.

Cabe ressaltar que a dificuldade frente às normas vigentes é somente uma suposição levantada pelo estudo exploratório e não comprovado por esse estudo, onde foram apenas lançadas as estruturas do projeto, sem realizar qualquer cálculo estrutural no software.

Outro ponto sempre presente nas discussões sobre o BIM é a questão da interoperabilidade entre diferentes softwares. As normas internacionais para padronização dos formatos de troca entre diferentes programas ainda estão em fase de desenvolvimento e não são todos os softwares que permitem a troca, importação e exportação de arquivos. Isso dificulta também o processo de implantação, já que se não se pode exigir que os profissionais usem certo programa para facilitar a troca de informações. Para essa pesquisa não houve problema uma vez que os softwares utilizados eram da mesma plataforma.

No modelo tradicional de projeto, quando a empresa deseja fazer a compatibilização de seus projetos geralmente terceiriza essa etapa, contratando uma empresa de consultoria com um coordenador que junta todos os projetos e os compatibiliza. No modelo de projeto e compatibilização com BIM, o papel do coordenador não será excluído e este deve ser o responsável por reunir os modelos tridimensionais e realizar a compatibilização. Esse processo pode ser facilitado pelos sistemas extranet, onde os profissionais possam compartilhar e analisar seus projetos, mantendo um arquivo de notificações para que os profissionais responsáveis pela disciplina na qual houve interferência faça as devidas correções.

Ainda seguindo com a linha de compatibilização no modelo tradicional de projeto, no projeto utilizado como estudo de caso não houve um processo de compatibilização das disciplinas. Uma compatibilização básica foi realizada entre o modelo de estrutura e arquitetura, onde, para não prejudicar o fluxo foram modificados alguns pilares. A obra começou a ser executada antes do projeto ter sido concluído. Isso reflete a realidade da construção civil brasileira atualmente. Gasta-se pouco tempo com o projeto, se comparado ao tempo de obra, deixando de lado a etapa de compatibilização, resolvendo os problemas de incompatibilidades direto na obra. É preciso tomar cuidado para não continuar da mesma forma com a implantação do BIM. Como o BIM facilita os retrabalhos, os projetistas devem começar a dedicar mais tempo à qualidade de seus projetos, resolvendo os problemas antes que estes se manifestem na obra. Porém, se com isso, o tempo de dedicação ao projeto vier a diminuir, a qualidade final do projeto ainda estará comprometido.

Da mesma forma que, para ser viável, o processo de compatibilização deve ser realizado com o BIM desde que todos os profissionais envolvidos tenham conhecimento dessa metodologia e desenvolvido seus projetos em um software com interface BIM que apresente boa interoperabilidade com softwares de outras disciplinas. Utilizar o BIM e remodelar todas as disciplinas tridimensionalmente como foi feito nesse trabalho é totalmente inviável, pois a limitação de cada profissional frente a uma disciplina diferente da sua dificultará a correta modelagem do sistema, visto ser um processo trabalhoso pelo nível de detalhe que se tem.

É importante salientar que a tecnologia não deve ser vista como exclusão das atividades do projetista. O software não irá resolver todos os problemas, devendo atuar somente para liberar o profissional de funções repetitivas, cabendo ao projetista à parte pensante do projeto e a entender plenamente o funcionamento do conceito BIM, para melhor adaptá-lo às suas necessidades. Assim como no processo de compatibilização, onde o programa extrapolará a quantidade de interferências. Cabe ao projetista e sua experiência determinar quais são os locais mais propensos a originar erros e em cima disso montar as matrizes para verificação.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 CONCLUSÕES

Buscou-se nesse trabalho avaliar a potencialidade da metodologia BIM como ferramenta de compatibilização de projetos, apresentando o processo de projeto dentro um software BIM e as incompatibilidades encontradas, além de levantar possíveis motivos que dificultem a adoção do BIM pelas empresas e profissionais.

O trabalho de modelagem foi cansativo devido à inexperiência da projetista, às diferentes disciplinas a serem modeladas, à baixa capacidade de processamento dos computadores disponíveis e a dificuldade de se encontrar materiais de estudo acessíveis e de fácil compreensão, já que os cursos disponíveis demandavam um custo muito alto e por isso foram descartados. Mesmo assim, o objetivo proposto foi alcançado através do estudo de caso, onde as incompatibilidades encontradas, classificadas por tipologia, mesmo sendo poucas, contribuíram positivamente para esse resultado, expondo a facilidade como um programa com interface BIM pode detectar interferências entre diferentes projetos. Além de detectar as interferências automaticamente e gerar o relatório, a modelagem em 3D permite a rápida visualização da interferência, facilitando a tomada de decisões para resolver os problemas encontrados.

Avalia-se essa metodologia como positiva para a construção civil, visando um futuro onde todos os profissionais estejam adaptados a trabalhar com a mesma. O alto custo dos softwares e treinamentos também deve ser amenizado com o tempo, à medida que esse sistema se popularize entre esses profissionais.

O BIM também pode ser apontado como ferramenta para diminuir o tempo gasto no projeto, seja na elaboração inicial, quanto nos retrabalhos. Isso porque, além de detectar as interferências já no início, facilita a correção dos desenhos finais. Além disso, auxilia não só na compatibilização, mas em todas as etapas do desenvolvimento da edificação, desde o seu projeto, até a geração de quantitativos, orçamentos, gerenciamento das etapas de construção, organização do canteiro de obras, entre outras características que só somam para a qualidade final da edificação.

Apesar de tímido e ainda limitado à procura pelo conhecimento aumenta entre os profissionais e estudantes, facilmente perceptível pelas redes sociais, inicialmente compartilhando informações sobre softwares, mas introduzindo pouco a pouco o conceito de modelagem de informação da construção. O caminho ainda é longo, porém a cada pesquisa desenvolvida um pouco mais desse conceito é disseminado e mais diretrizes são apontadas para a completa consolidação no mercado brasileiro. É importante também que o conhecimento e as possibilidades da metodologia BIM possam chegar a todos os profissionais envolvidos no projeto de uma edificação, pois só assim será viável utilizá-lo como ferramenta de compatibilização.

E além de tudo, para que o BIM seja responsável por um aumento da qualidade do projeto, é preciso que sua utilização venha acompanhada de uma mudança no pensamento não só do projetista, como do próprio cliente, que tem de começar a ver a etapa de projeto como a mais importante para o desempenho final da edificação. É nessa fase que deve ser dedicado maior tempo e é nela que devem ser resolvidos todos os problemas relativos à obra, para que a execução não tenha de esperar a solução de um problema inesperado para sua conclusão.

É preciso ter em mente que a compatibilização é necessária e que o BIM é o melhor caminho para sua realização. E compreender que os softwares disponibilizados vão além da simples modelagem tridimensional arquitetônica e que se deve entender o conceito para melhor utilizar todos os seus recursos.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, estão alguns pontos que ficaram em aberto nesse trabalho:

Avaliação de softwares BIM específicos de engenharia estrutural, analisando como está a adequação destes às normas nacionais.

Avaliação da interoperabilidade entre diferentes softwares BIM, levantando se é possível utilizar diferentes programas de forma integrada para a compatibilização.

Avaliação do sistema Extranet aliado ao BIM, visando analisar se o compartilhamento de modelos dentro dessa plataforma da Internet pode facilitar o processo de compatibilização com o BIM.

REFERÊNCIAS

ASBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. Manual de contratação de serviços de arquitetura e urbanismo. São Paulo: Editora Pini Ltda., 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-13.531: elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas. Rio de Janeiro: 1995.

AUTODESK. Arquitetura, Engenharia e Construção. Disponível em <autodesk.com>. Acesso em março, abril/ 2012.

AYRES FILHO, C. Acesso Ao Modelo Integrado Do Edifício. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, Curitiba, 2007. Disponível em <<http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-57.pdf>>. Acesso em Março de 2012.

BAZJANAC, V. Virtual Building Environments (VBE) - Applying Information Modeling to Buildings. Lawrence Berkeley Laboratory. University of California. Berkeley, CA, U.S.A., 2004.

BIMBOOM. Revit Structure 2010 Features. Disponível em <<http://bimboom.blogspot.com.br/2009/02/revit-structure-2010-features.html>>. Acesso em março de 2012.

BUILDINGSMART. Open BIM. Disponível em <<http://buildingSMART.com/openbim>>. Acesso em abril de 2012.

CALLEGARI, S. Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares. Dissertação de Mestrado. UFSC: Florianópolis, 2007.

CAMPBELL, D. A. Building information modeling: the Web 3D application for AEC. In Proceedings of the Twelfth international Conference on 3D Web Technology (Perugia, Italy, April 15 - 18, 2007). ACM, New York, NY, 173-176. Disponível em <<http://doi.acm.org/10.1145/1229390.1229422>>. Acessado em março de 2013.

CHECCUCCI, E. S. *et al.* Colaboração e Interoperabilidade no contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM). In: XV CONGRESSO SIGRADI. Santa Fé, Argentina, 2011.

COELHO, S. B. S.; NOVAES, C. C. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: VIII WORKSHOP BRASILEIRO - GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Gestão de Projetos no Brasil e no Mundo. São Paulo: Escola Politécnica USP, 2008.

COMPUTERS & ENGINEERING. Tekla Structures. Disponível em < <http://www.comp-engineering.com/products/TEKLASTRUCTURES>>. Acesso em março/2012.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. Guidelines for implementing a constructability program. n. 2-3, 2 ed. Austin: University of Texas, 1987.

CYPE INGENIEROS. CypeCAD. Disponível em < <http://www.cype.es/>>. Acesso em outubro de 2013.

DAMIAN, P.; YAN, H. Benefits and Barriers of Building Information Modelling. Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University, UK, 2007.

ELVIN, G. Integrated Practice in Architecture: mastering design-build, fast-track, and building information modeling. New Jersey: Wiley e Sons, 2007.

EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. e LISTON, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken: Wiley, 2008, 490 p.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. A percepção de interferências espaciais através de desenhos 2D e modelos 3D por profissionais de projetos de edifícios. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Anais eletrônicos... Curitiba: UFPR, 2007. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-59.pdf>>. Acesso setembro de 2012.

FLORIO, W. Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura, In: SEMINÁRIO TIC 2007 – TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Porto Alegre, 2007.

GARBINI, Marcelle. Tecnologia BIM. Disponível em <<http://bimengenharia.blogspot.com.br/>>. Acesso em abril/2012.

GOES, R. H. T. B. Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2011.

GRAZIANO, F. P. Compatibilização de Projetos - Notas de aula. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (Mestrado Profissional) – IPT, 2003.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R.; SCHIPPOREIT, G. Two approaches to BIM: A Comparative Study. eCAADe Conference. Copenhagen, Dinamarca, 2004. Disponível em: <<http://www.iit.edu/~krawczyk/miedcad04.pdf>>. Acessado em maio de 2012.

KHEMLANI, L. AECbytes "Building the Future" Article (Julho, 2007), Autodesk.

KYMMEL, W. Building Information Modeling. Planning and managing construction project with 4D and simulations. McGraw-Hill 2008.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. *et al.* Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun. 2006.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. *et al.* O processo de projeto em arquitetura - da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KRIEGER J. 'My BIM journey' – 6 lessons from a BIM/VDC expert. Disponível em <<http://www.bdcnetwork.com>>. Acesso em maio de 2013.

LIMA, C. C. N. A. Autodesk Revit 2012: Conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2011.

LOCKHART, S. D.; JOHNSON, C. M. Engineering design communication: conveying design through graphics. USA: Prentice-Hall, 2000. 719p.

MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B. O Processo de Projeto e A Qualidade dos Edifícios.. In: NUTAU '96, 1996. SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU '96 - Anais.. São Paulo.

MARIA, M. M. Tecnologia BIM na Arquitetura. Dissertação de Mestrado. Universidade Presbeteriana Mackenzie. São Paulo-SP, 2008.

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

MELHADO, S. B.; VIOLANI, M. F. A Qualidade na Construção Civil e o Projeto de Edifício. São Paulo, EPUSP, 1992. 25p. (Texto Técnico do Departamento de Engenharia da Construção Civil TT/PCC/02)

MELHADO, S. B. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. Tese de Doutorado. São Paulo: PoliUSP, 1994.

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.

MONTEIRO, A. BIM. Artigo publicado no site <<http://dharmasistemas.wordpress.com/2010/11/01/voce-sabe-o-que-e-bim-2/>> em novembro de 2010. Acesso em março de 2012.

NETTO, S. N; CASIMIRO, I. Tecnologia BIM. MATEC, São Paulo. Setembro de 2012. Entrevista concedida a Eveline N. Costa.

NOVAES, C. C. A modernização do Setor da Construção de Edifícios e a Melhoria da Qualidade do Projeto. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO. Florianópolis: UFCS, 1998.

OLIVEIRA, M. R.; FABRICIO, M. M. Modelos físicos e virtuais como ferramentas do ensino de projeto de arquitetura: relato de uma vivência. In: SIGraDi -, 2009, São Paulo, SP. Anais do 13th Congress of Iberoamerican Society of Digital Graphics, 2009. p. 266-268.

PEREIRA, U. BIM – ArchiCAD vs Revit vs Vectorworks. Disponível em < <http://www.arq-e-tec.com/2010/01/bim-archicad-vs-revit-vs-vectorworks/>>. Acesso em março/2012.

PINIWEB. Pesquisa mostra que mais de 90% dos arquitetos e engenheiros pretendem utilizar o BIM em até cinco anos. Disponível em < <http://www.piniweb.com.br/construcao/carreira-exercicio-profissional-entidades/artigo291885-1.asp>>. Acesso em maio de 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. PMBOK: a guide to the project management body of knowledge. Pennsylvania: PMI, 2000.

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. Fortaleza, 2001.

ROSSO, T. Racionalização da construção. São Paulo: FAUUSP, 1980.

SHIH, N.-J. A study of 2D- and 3D-oriented architectural drawing production methods. Automation in Construction. Elsevier. v. 5, n. 4, p. 273-283, 1996.

SINDUSCON/PR. Diretrizes gerais para a compatibilização de projetos. Curitiba: SEBRAE/SINDUSCON, 1995.

SOILBELMAN, L. CALDAS, C. H. S. O uso de extranets no gerenciamento de projetos: o exemplo norte-americano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: MODERNIDADE E SUSTENTABILIDADE. Salvador: UFBA/UNEB/UEFS/ANTAC, 2000.

SOUSA, F. J. Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares - estudo de caso. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Pernambuco: Recife, 2010.

SOUZA, A. L. R.; BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. Qualidade, projeto e inovação na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Rio de Janeiro, 1995.

SOUZA, L. L. A. Diagnóstico do uso do BIM em empresas de projeto de arquitetura. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2009.

TEKLA. Disponível em < <http://www.tekla.com>>. Acesso em março de 2012.

VANNI, C. M. K. Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios. Dissertação de Mestrado. UFMG: Belo Horizonte, 1999.

VICENTIN, C. As novas fronteiras da arquitetura. Correio Brasiliense. Disponível em <http://www.correioweb.com.br/euestudante/noticias.php?id=10685>. Acesso em 20 de maio de 2012.