

ITC – INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DÁRIO JÚNIOR XAVIER TELES
JOSÉ NELSON VIEIRA DA ROCHA

**UTILIZAÇÃO DO BIM NO DESENVOLVIMENTO E
INTEGRAÇÃO DE PROJETOS: ESTUDO DE CASO DE UM
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ITC – MINAS GERAIS
Dezembro/2013

DÁRIO JÚNIOR XAVIER TELES
JOSÉ NELSON VIEIRA DA ROCHA

**UTILIZAÇÃO DO BIM NO DESENVOLVIMENTO E
INTEGRAÇÃO DE PROJETOS: ESTUDO DE CASO DE UM
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Engenharia Civil, do Instituto Tecnológico de Caratinga (ITC, MG), como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do professor João Moreira de Oliveira Junior.

ITC – MINAS GERAIS

Dezembro/2013

DÁRIO JÚNIOR XAVIER TELES
JOSÉ NELSON VIEIRA DA ROCHA

**UTILIZAÇÃO DO BIM NO DESENVOLVIMENTO E
INTEGRAÇÃO DE PROJETOS: ESTUDO DE CASO DE UM
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

Monografia submetida á comissão examinadora
designada pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil como
requisito para obtenção do grau de bacharel.

Prof. João Moreira de Oliveira Junior (Coordenador do curso de Engenharia Civil/
Orientador)

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Prof. Ricardo Botelho Campos
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Prof. José de Arimatéia Lopes
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Caratinga, 11/12/2013

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos concebido a oportunidade de estarmos aqui hoje, ter nos protegido de todos os males, e nos abençoado em mais essa etapa de nossas vidas;

Aos nossos pais, pois sem eles não estaria aqui, eles são o motivo de nossa existência, e tudo que fizemos é pensando neles;

A nossos familiares, que sempre nos apoiaram, e que pudemos sempre contar quando precisamos;

Aos amigos, que sempre incentivaram e estiveram sempre ao nosso lado;

Ao Professor Jose Salvador Alves, que nos transmitiu tanta experiência, e que em muito contribuiu para nossa formação profissional;

Aos professores da Doctum, por todo o conhecimento repassado a nós acadêmicos;

Aos nossos colegas de classe pela amizade e companheirismo, pelos bons e maus momentos que estivemos juntos;

Em especial a vovó Maria Felícia que me acolheu tão bem em sua casa, e foi minha segunda mãe; (José Nelson).

Enfim, agradecemos a todos que estiveram conosco nesta longa e gratificante jornada da Faculdade, em que crescemos e aprendemos muito, nossos sinceros agradecimentos.

Dário Júnior Xavier Teles
José Nelson Vieira da Rocha

RESUMO

Com o crescente emprego da tecnologia nas atividades ligadas a área da construção civil tem-se aumentado a necessidade de um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para que se possa aumentar a eficiência das fases de projeto, execução e acompanhamento que envolve um empreendimento. Os investimentos em T.I. ligados a construção civil que por muito tempo estagnaram-se, em função de seu alto custo e limitação dos hardwares, em meados do ano 2000 ganham impulso principalmente quando o assunto começou a vigorar mais frequentemente em revistas, sites e congressos. Destaca-se a partir daí um conceito que tomou força entre as principais metas dos desenvolvedores de softwares para construção e pesquisadores, a interoperabilidade. O aprimoramento desse conceito culminou no desenvolvimento de programas capazes de alterar os métodos contemporâneos pelos quais se projetam e executam uma obra. Surge então o BIM (*Building Information Modeling*) que desponta como uma solução para arquitetos e engenheiros capaz de simular e produzir resultados mais dinâmicos e completos, minimizando as fadigas corriqueiras dos projetos elaborados em CAD. Para tanto o presente trabalho aborda os conceitos relacionados à metodologia BIM, como interoperabilidade e compatibilização de projetos. Tem como objetivo, através de estudo de caso, mostrar a elaboração dos projetos de um edifício residencial multifamiliar, utilizando softwares BIM, e destacar o uso desta tecnologia para a compatibilização de projetos mostrando os resultados das compatibilizações, e soluções necessárias à execução do empreendimento.

Palavras Chave: BIM, interoperabilidade, compatibilização.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Diagrama adaptado do original in EASTMAN.....	16
Figura 2- BIM na prática	21
Figura 3- Ciclo construtivo, desde o seu planejamento, construção até a operação e manutenção	22
Figura 4- Visualização de Arquivo DWF - Sistema Colaborativo Buzzsaw	29
Figura 5- ONUMA Planning System	30
Figura 6- Visualização do modelo BIM no Google Earth BIMStorm Londres	31
Figura 7- Ciclo construtivo, desde o seu planejamento, construção até a operação e manutenção	32
Figura 8- Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto	34
Figura 9- BuildingSMART - Ciclo integrado do BIM	35
Figura 10- Histórica de versões do formato IFC	39
Figura 11- Softwares certificados segundo o protocolo IFC2x3	41
Figura 12- Revit Architecture 2013 – Vista do modo de edição da família do objeto.....	44
Figura 13- Archicad 13 – Vista do modo de edição do objeto	45
Figura 14- Integração do Projeto Estrutural e Hidrossanitário	49
Figura 15- Causas das falhas na construção civil	50
Figura 16- Falhas por erro em projeto	52
Figura 17- Relação custo/tempo na possibilidade de modificações do projeto	52
Figura 18- Integração de modelos 3D (estrutura x hidráulica x elétrica)	53
Figura 19- Localização do empreendimento	54
Figura 20- Fluxograma metodológico	55
Figura 21- Estudo de massas software Revit.....	57
Figura 22- Alinhamento das esquadrias na fachada	58
Figura 23- Comando de exportação em IFC do software Revit	58
Figura 24- Lançamento preliminar da estrutura	59
Figura 25- Modelo tridimensional da estrutura no software Cypecad.....	60
Figura 26- Representação tridimensional do projeto elétrico no Lumine.....	61
Figura 27- Representação tridimensional do projeto hidrossanitário, no Hydros	61
Figura 28- Comando verificação de interferência	62
Figura 29- Trecho do relatório de interferências	63
Figura 30- Interferência entre Pilar e Porta	63
Figura 31- Interferência entre Pilar e escada	64
Figura 32- Interruptor embutido dentro do pilar.....	65
Figura 33- Verificação de interferências entre arquitetônico, estrutural e elétrico.....	66
Figura 34- <i>Shaft</i> criada para descida de tubos de queda	66
Figura 35- Verificação de interferências entre arquitetônico, estrutural e hidrossanitário	67
Figura 36- Interferências entre tubos hidrossanitários e estrutura	67

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	07
2.	CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS	09
2.1.	Embasamento teórico	09
2.2.	A evolução no processo de criação dos projetos	12
2.3.	O processo de projetar	14
3.	BIM - BUILDING INFORMATION MODELING	17
3.1.	Origem e retrospectiva	17
3.2.	Definição conceito e filosofia	18
3.3.	Vantagens e desafios para implementação do BIM	23
3.4.	A evolução do sistema BIM	27
4.	INTEROPERABILIDADE	34
4.1.	Criação da IAI e o advento do IFC	39
4.2.	Interoperacionalidade nos softwares Autodesk	42
4.3.	Interoperacionalidade nos softwares Graphisoft	44
5.	COMPATIBILIZAÇÃO	46
5.1.	Compatibilização de projetos	47
5.2.	A importância da compatibilização de projetos	50
6.	PESQUISA E ESTUDO DE CASO	54
6.1.	Características da obra	54
6.2.	Método da pesquisa	55
6.3.	Modelagem dos projetos	56
6.4.	Compatibilização dos projetos arquitetônico e estrutural.....	61
6.4.1.	Interferências entre pilares e esquadrias	62
6.4.2.	Interferências entre pilares e escadas	63
6.5.	Compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico	64
6.6.	Análise dos resultados	68
7.	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS	70
	ANEXO 01: RELATÓRIOS DE INTERFERÊNCIAS.....	79
	ANEXO 02: PROJETOS EXECUTIVOS E DETALHAMENTOS	84

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução da construção civil surge a necessidade de um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para que se possa aumentar a eficiência das fases de projeto, execução e acompanhamento que envolve um empreendimento, assim a elaboração desta pesquisa pretende disseminar o emprego da ferramenta de trabalho, bem como o conceito BIM, cujo uso ainda tem sido pouco explorado, mas vem assumindo papel de destaque nos principais institutos acadêmicos e empreendedores da área da construção civil do país, devido sua metodologia de trabalho que trás ganhos importantes no planejamento e execução de obras.

A base do conceito BIM é a interação entre os diferentes profissionais envolvidos, gerando informações utilizadas para melhor projetar e executar o empreendimento. Esta comunicação realizada por um tutor, denominado gerente BIM, que faz um intercambio entre os diferentes agentes envolvidos, para que todos tenham ciência dos itens elaborados pelos agentes que produzem os diferentes projetos, diariamente, promovendo assim a compatibilização dos mesmos.

Com o planejamento detalhado, e as equipes trabalhando em colaboração nos projetos, conseguem-se melhores resultados desde as fases iniciais de um empreendimento, e isso gera economia de tempo e dinheiro na hora da execução final. Segundo Oliveira (2008) o BIM traz muitos benefícios como: redução nos conflitos entre os elementos construtivos, facilidade nas revisões, aumento da produtividade, diminuição de retrabalho. Além da economia de tempo e dinheiro ele também traz benefícios globais a todos os envolvidos, com uma melhor compreensão dos projetos durante a fase de estudos, a colaboração e melhor visualização de todas as informações necessárias.

Uma das grandes dificuldades em promover maior agilidade e precisão na execução de obras civis, é a falta de integração das diferentes especialidades de projetos, devido ao isolamento entre as diversas áreas na produção dos projetos, arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico, HVAC¹, etc.

Os projetos quando colocados em prática, na execução do empreendimento, na maioria das vezes produzem incompatibilidades que conseqüentemente geram retrabalhos,

¹ HVAC é uma sigla que significam “aquecimento, ventilação e ar condicionado” (em inglês “*heating, ventilating and air conditioning*”), referindo-se às três funções principais e intimamente relacionadas a tecnologia destinada ao conforto ambiental interior, sobretudo em edifícios.

maior custo, maior agressão ao meio ambiente, canteiros de obra desorganizados e ineficientes, aumento da produção de entulho, alterações em projetos, etc., ou seja, os empreendimentos ‘compartimentados’ geram desperdício de tempo e insumos, resultando em grandes perdas financeiras, assim o que foi orçado no início se torna inviável, levando ao não cumprimento de cronogramas.

Sendo assim surge a seguinte questão: como utilizar o BIM para reduzir problemas comuns em empreendimentos devido a falta de compatibilização e de informações mais completas e coerentes nos projetos?

Quando todos, envolvidos nos projetos, terminarem, usando a nova ferramenta BIM, não haverá incompatibilização e sim haverá agilidade na execução do empreendimento.

Esta pesquisa demonstra na teoria e na prática a importância desta filosofia e ferramenta de trabalho. Com o objetivo geral de definir as implicações da metodologia BIM, a pesquisa teórica de revisão bibliográfica começa pela sua definição e mostra o desenvolvimento desta plataforma. Depois, procede-se ao estudo da utilização da metodologia BIM, com o objetivo específico de aplicar o BIM na elaboração de um projeto de edifício multifamiliar, fazendo comparativos entre o método tradicional de desenvolvimento e integração de projetos, e o uso de novas ferramentas.

2. CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

2.1. Embasamento teórico

Com a evolução dos métodos construtivos e a grande demanda de construções cada vez mais ágeis, surge a necessidade de se planejar com mais rapidez e executar os empreendimentos em tempos recordes. Segundo Gattoni (2001), a velocidade de mudanças no mercado moderno da construção civil somada à evolução global deste, produz um aumento da necessidade de se obter resultados imediatos e duradouros. Dentro da gestão do projeto é muito importante que sejam estabelecidas maneiras de gerenciar o conhecimento, gerando, armazenando e distribuindo.

De acordo com Mikaldo Junior e Scheer (2008) a falta de racionalização e coordenação entre projetos pode acarretar desperdício, devido a fatores como super ou subdimensionamento dos sistemas, paradas e retrabalho causados por informações incertas, erradas ou mesmo inexistentes, um maior uso de mão de obra ou de recursos materiais pode ser necessário.

O BIM – *Building Informaton Modeling* ou modelagem de informações para a construção é uma tecnologia recente que pretende revolucionar o segmento de projetos (FARIA,2007, p.44), pois agrega melhorias para este processo. Melhora a visualização espacial do que esta sendo concebido (FLORIO,2007;LAUBMEYER et al., 2009) pois a qualquer momento o projeto pode ser acessado e visto em uma edificação 3D.

A ideia de integração do projeto com as outras áreas e a necessidade de se evitar o projeto compartimentado e substituí-lo pelo trabalho simultâneo entre as equipes, pode se beneficiar da utilização de sistemas BIM, visto que uma de suas possibilidades é a colaboração e a integração entre as várias fases do projeto, a partir das fases iniciais (EASTMAN et al., 2011).

Com o BIM, um projeto complexo, que envolve muitos profissionais e muitas tecnologias, pode ser facilmente gerenciado, pois ele facilita o processo colaborativo. A integração é uma ótima oportunidade de negócios para os fornecedores da construção (LEUSIN, 2007).

Maria Angélica Covelo, diretora da consultoria NGI - Núcleo de Gestão e Inovação – em entrevista a revista *Construção Mercado* ed. 115 (2011, p.28), diz que os benefícios da plataforma BIM vão para além da área técnica, muda a forma de como se relaciona as áreas de projetos, planejamento, orçamento e canteiro. Quando a empresa opera com o BIM os processos são sequenciais.

Com a inserção de softwares tipo BIM no Processo de Projeto, o modelo de coordenação sofre modificações, uma vez que este tipo de programa permite que se realize o projeto num processo de Engenharia Simultânea, ou seja: equipes que trabalham com partes diferentes do projeto e do detalhamento do projeto. Estes atualizam os arquivos com suas adições e alterações, e este arquivo atualizado na área determinada (worksets²), são atualizados a todos da equipe, passando pelo Gerente BIM. É o gerente que verifica se cada equipe modificou somente o que continha em seu workset, e se no caso, existirem modificações em outras áreas, verifica também se as mesmas são ou não necessárias, em seguida repassa as alterações para todos da equipe através do arquivo central.

Citando os estudos de Eastman, Teicholz, Sacks e Liston, o BIM é um sistema promissor para ser utilizado na Arquitetura, Engenharia e Indústria da Construção Civil. É um sistema que além de permitir que se tenham as representações digitais em duas dimensões, incorpora em seu banco de dados diversas características dos materiais, bem como do processo de construção e fabricação.

Segundo o Instituto Americano de Ciência da Construção (NIBS), o BIM:

(...) é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação, edifício ou ativos de infraestrutura. E como tal, serve como uma base centralizada de informações para apoio a tomada de decisões durante o ciclo de vida de um empreendimento, desde a sua concepção até sua demolição.

O BIM pode ser entendido como uma modelagem 3D inteligente que incorpora ao modelo digital parâmetros e banco de dados, que permitem fazer estudos e análises, e qualquer alteração no modelo é transmitida em tempo real para todo o projeto.

Diferentemente dos sistemas CAD (Computer Aided Design) bidimensionais, que são apenas ‘desenhos’ representativos do que se pretende construir, o sistema BIM permite a modelagem paramétrica dos componentes e objetos do projeto, com isso não temos apenas a

² worksets são subdivisões lógicas no modelo central que vão permitir o controle das alterações ao longo do desenvolvimento do projeto. Exemplos de worksets são: paredes externas, paredes internas, instalação elétrica, instalação hidráulica, etc.

representação do que será construído, temos também a simulação³ do projeto, pois os objetos modelados possuem parâmetros e características idênticas ao objeto real.

No contexto da computação gráfica a simulação significa experiência ou ensaio realizado com auxílio de um modelo digital. Segundo Florio (2007, p.08) a simulação torna possível e rápida as experimentações que dificilmente poderiam ser efetuadas sobre objetos sólidos construídos.

Uma premissa básica do BIM é a colaboração entre diferentes interessados em diferentes fases do ciclo de vida de um projeto provendo mecanismos para inserir, extrair, modificar, comunicar, visualizar e analisar as informações.

Como dito anteriormente ele é diferente do CAD tradicional, mas não deve apenas ser compreendido com um software de modelagem de objetos 3D, ou uma biblioteca de objetos 3D, mas uma base de dados que contém informações geométricas e semânticas, com seus relacionamentos, custos, prazos, além de atributos com grande nível de detalhes como as dimensões, cor, capacidade, tipo de material, fabricante, etc., e devemos sim, incluir a esta lista o contexto espacial – o 3D – onde estão inseridos, na medida em que também desejamos analisar o ambiente que circunda o empreendimento ou o ativo.

Assim sendo, tem-se que, diferentemente de um simples modelador 3D, a plataforma BIM, é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de um modelo (edifício) virtual preciso. O qual gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas, como os subsídios necessários para orçamentação, o cálculo energético e a previsão das fases da construção, dentre outras atividades.

Inicialmente analisando, a grande diferença entre um simples software de modelagem 3D e um software BIM, verifica-se, para este último, a capacidade de obter objetos paramétricos, que podem ser alterados automaticamente e dar o suporte a todos envolvidos no projeto. Além disso, nos softwares BIM, atribuem-se propriedades ao desenho, como por exemplo, o tipo e dimensões de blocos que constituirão uma parede, o seu tipo de revestimento e os fabricantes. Segundo Faria (2007, p.44), essas atribuições, por sua vez, são salvas em um banco de dados, que comporá o arquivo.

Conforme cita Guimarães, (2012, p.02):

Esta tecnologia busca essencialmente a criação de um “Modelo Virtual” das edificações que traz como principal benefício a integração entre as diversas etapas da existência de uma edificação, integrando diversas áreas envolvidas neste

³ Simulação segundo o dicionário Mini Aurélio, pode ser “1. ato ou efeito de simular. 2. disfarce, fingimento, simulacro. 3. Representação simplificada de fenômenos ou processos mais complexos, para experiência ou treinamento.”. p.637

processo, desde a idealização do projeto conceitual até o gerenciamento e operação desta edificação.

A adoção do sistema BIM no cenário da construção civil vem favorecer as equipes de trabalho, uma vez que permite a redução do tempo de projeto, traz o conceito de Engenharia Simultânea, já citada, evita o retrabalho das equipes, pois permite ver as incompatibilidades já no processo de projeto, permite o aumento no nível de detalhamento, bem como aumenta a produtividade. Outra alteração é a possibilidade do trabalho em equipe de forma colaborativa e interativa, facilitando a comunicação e a representação do projeto entre todos os envolvidos no empreendimento.

Ferreira (2007, p.02-03) explicita isso na seguinte passagem:

(...) o projeto é um processo de “afunilamento de informações”, ou seja, em um primeiro momento há muitos itens a serem manipulados (opções possíveis) com poucas informações de cada um. Na medida em que decisões vão sendo tomadas, algumas opções vão sendo descartadas e as opções escolhidas vão sendo cada vez melhor conhecidas e, conseqüentemente, especificadas.

Assim tem-se redução de tempo, compatibilização de projeto, e também mais segurança no sentido de evitar erros grotescos de projetos, ou seja, interferência entre projeto arquitetônico e projetos complementares.

A evolução do BIM proporcionará um ambiente colaborativo acessível através da internet baseado na “imersão” simultânea dos diversos agentes participantes em um modelo virtual tridimensional do edifício, onde poderão ser constatados e discutidos em tempo real aspectos referentes à construtibilidade.

2.2. A evolução no processo de criação dos projetos

De acordo com Kolarevic (2003), na era medieval não havia a figura do arquiteto ou designer. Existia somente o construtor ou o artesão, e o mesmo era quem fazia tanto o trabalho de projeto quanto da construção ou fabricação em si.

A construção era representada no próprio solo, no local onde seria feita a construção, até mesmo por que não havia papel para fazer plantas representando a construção. Às vezes faziam desenhos nas pedras ou em tijolos.

A questão é que os construtores não dispunham de representações perspectivas, pois estas surgiram apenas no período da renascença. Segundo Kolarevic (2003), estes trabalhavam utilizando muito poucos desenhos e modelos para comunicar as suas ideias.

E mesmo após a renascença, os desenhos ainda eram livres sem normatização, pois não tinham conhecimento aperfeiçoado sobre geometria descritiva. Com a revolução industrial surge a necessidade de ter maior rigor e precisão nos projetos para haver uma melhor comunicação entre os diversos projetistas que precisavam dos desenhos para execução dos produtos. A partir do século XIX com o avanço da geometria descritiva surgiram as primeiras normas técnicas de representação gráfica de projetos.

Segundo Kolarevic (2003), antes da era CAD projetos complexos como o museu Guggenheim Bilbao seriam proibitivamente lentos, caros e trabalhosos para serem executados por meio de desenhos à mão.

Guimarães (2012, p.05), afirma:

Até a década de 80, os desenhos eram todos manuais, uma época que hoje chamamos de “era das pranchetas”. Este modelo envolvia uma cadeia produtiva com muita mão-de-obra e demandava um tempo considerável na concepção de projetos.

A primeira ideia do projeto era rascunhada pelo arquiteto, e depois era passada ao projetista que fazia o desenho com detalhes no papel manteiga. Ainda existia outro participante do projeto, chamado desenhista copista, que passava o desenho do projetista para o papel vegetal.

Para a execução do projeto precisava levar a campo cópias do projeto e manter o original intacto, então por meio do sistema heliográfico, eram copiados os projetos para levar a campo. Todo esse processo era muito demorado e na maioria das vezes quando ficava pronto o projeto, em campo já estavam adiantados os serviços, e a obra quase pronta o que levava a equipe de projetistas elaborarem o “*as built*”⁴, e repetir todo processo novamente.

O processo era tão complexo que muitas vezes a edificação acabava não sofrendo as intervenções necessárias, pois esbarrava no dilema “custo x benefício”.

Na década de 90, com a disseminação dos computadores pessoais, com capacidade de processamento num desenvolvimento cada vez mais rápido, instaurou-se uma nova revolução na metodologia de criação de projetos com a chegada do CAD (*Computer Aided Design* – Desenho Auxiliado por Computador).

⁴ *As built* é uma expressão inglesa que significa “como construído”. Na área da arquitetura e engenharia o termo é encontrado na NBR 14645-1, elaboração de “como construído” ou “*As Built*” para edificações.

Instaurou-se então o CAD como novo modelo de produção de projetos, que até hoje ainda é utilizada por cerca de 80% do mercado de projetos, hoje esse modelo é chamado comumente de “Época das Pranchetas Eletrônicas”.

O arquiteto da Universidade de Princeton (EUA), especialista em Tecnologia da Informação (TI), Jerry Laiserin, em suas pesquisas na área de TI e interoperabilidade, na década de 80 deu origem à IAI - *International Alliance for Interoperability*, atual buildingSMART (ADDOR, 2010, p.105).

Em 1987, foi lançado na Hungria o software Archicad, da Graphisoft, o primeiro software com ferramentas de BIM. A partir de então, aconteceram muitas iniciativas individuais de arquitetos americanos, europeus e asiáticos. Em 1992, Frank Gehry, montou uma equipe especializada em suporte tecnológico para suprir as necessidades de suas equipes de projeto. Em 2002, esta equipe tornou-se uma empresa independente chamada Gehry Technologies e presta serviços de modelagens em BIM tanto para atender ao próprio escritório de Frank Gehry como para atender ao mercado. Desde 1993, há duas décadas, o escritório ONUMA, Inc (escritórios no Japão e EUA) vem desenvolvendo e utilizando um software de BIM, o “Sistema *Onuma Open Architecture*”, de tecnologia aberta. A Finlândia e a Noruega também foram pioneiras em desenvolver projetos em BIM e encontram-se em estágios mais avançados.

2.3. O processo de projetar

De acordo com AsBEA (2000), os projetos de arquitetura e urbanismo são sempre o ponto de partida. Iniciam-se a partir de programas claros e objetivos. Mas para um bom resultado, é fundamental a participação e o envolvimento desde o seu início dos responsáveis pelos projetos das outras especialidades.

A elaboração de um projeto se dá através de fases, que se completam ao longo do processo projetual, com o envolvimento de diversos profissionais que com a inclusão de questões técnicas relativas às diferentes especialidades envolvidas, criam um ambiente multidisciplinar, ideal para o correto desenvolvimento do edifício. Este processo deverá gerar um projeto executivo, onde estarão contempladas todas as informações dos projetos complementares e suas possíveis interferências.

Segundo Rego (2001, p.10):

O ato de projetar é por essência uma criação através do domínio do conhecimento específico de uma área do saber [...] um dar forma a uma matéria específica. Em arquitetura, esse conhecimento é multidisciplinar e até subjetivo, o que torna a relação entre criação e cognição algo ainda mais evidenciado.

Souza e Abiko (1997, p.16) afirmam que as soluções adotadas na etapa de projeto têm amplas repercussões em todo o processo de construção e na qualidade do produto final a ser entregue ao cliente. É na etapa de projeto que acontecem a concepção e o desenvolvimento do produto, que devem ser baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho, custos e das condições de exposição a que será submetido. A qualidade da solução de projeto determinará a qualidade do produto e conseqüentemente, condicionará o nível de satisfação dos usuários finais.

Fabício (2002, p.73) assegura que o processo de projeto é a etapa mais estratégica do empreendimento com relação aos gastos de produção e a agregação de qualidade ao produto. Como núcleo principal está o produto, seguidos da gestão das comunicações. Como suporte aos produtos e a gestão estão: a tecnologia da informação com suas ferramentas, softwares e sistemas colaborativos.

Por ser um processo onde se exige maior precisão e definição de todos os elementos que irão compor o edifício, o uso da tecnologia da informação é um facilitador para elaboração com qualidade do projeto final, sem dificultar este processo.

O BIM apresenta-se como uma importante ferramenta, capaz de contribuir na integração dos processos a partir da eliminação de ineficiências e redundâncias, aumentando a colaboração e comunicação, a fim de garantir melhores resultados de produtividade (CAMPBELL, 2007).

DIAGRAMA ESFORÇO X TEMPO

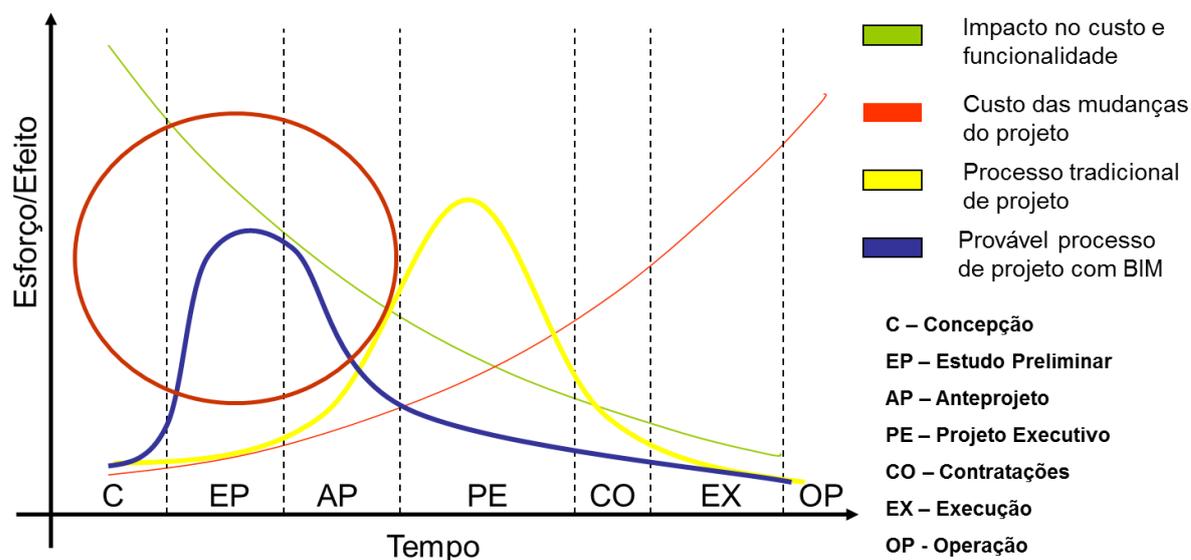


Figura 1: Diagrama adaptado do original in EASTMAN.

Fonte: EASTMAN, Chuck et al – BIM HANDBOOK – A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors Second Edition – p. 164 - John Wiley & Sons, Inc., 2011.

O diagrama acima faz uma análise do tempo versus esforço gasto na elaboração de um projeto. No processo tradicional de projeto, a maneira como são realizados os projetos hoje, percebe-se um grande aumento de esforço das equipes na elaboração do projeto executivo, fase em que são feitos os últimos ajustes de compatibilização e são elaborados os desenhos detalhados para posteriormente utilizá-los no canteiro de obras para execução do empreendimento.

Ainda analisando o diagrama, na curva de provável processo de projeto com BIM, diferentemente do processo tradicional, os envolvidos no projeto tem um esforço muito maior nas fases iniciais, na concepção, estudo preliminar e no anteprojeto, fases em que são feitas as análises de eficiência do empreendimento, viabilidade, acessibilidade, ou seja, o planejamento estratégico visando primeiramente a qualidade do projeto torna-se mais importante do que a geração dos arquivos (desenhos) para o projeto executivo. Esses desenhos na modelagem em BIM são gerados automaticamente, pelo fato de todo o projeto ser modelado em uma plataforma integrada, onde qualquer alteração em qualquer vista da planta é repercutida para todas outras vistas.

3. BIM - *BUILDING INFORMATION MODELING*

Este capítulo traz um histórico sucinto da introdução de softwares que auxiliam o desenvolvimento de projetos na indústria da construção civil, com enfoque especial as ferramentas CAD. Posteriormente trata do surgimento das ferramentas BIM e sua metodologia de trabalho.

3.1 Origem e retrospectiva

As ferramentas CAD (*Computer aided design*), como são conhecidas popularmente, referem-se a sistemas computacionais, os softwares, amplamente utilizados na engenharia, arquitetura, geografia e outras tantas áreas, que facilitam o projeto e desenhos técnicos.

Estas ferramentas tem origem na década de 1950, a partir de pesquisas industriais e acadêmicas, sendo estas baseadas em estruturas bidimensionais usadas para gerar caminhos lógicos em máquinas de controle numérico. Nesta época os computadores passam a auxiliar inicialmente algumas rotinas de engenharia com o surgimento dos gráficos monocromáticos.

Na Década de 1960 grandes companhias começam a investir fortemente no desenvolvimento da computação gráfica interativa e em seus próprios softwares de CAD, baseados em grandes computadores centrais (*mainframes*). Inicialmente o CAD foi utilizado na indústria automobilística, na aeroespacial e em agencias governamentais.

Na década de 1970 a IBM, *International Business Machines*, revoluciona o mercado CAD com a padronização da linguagem gráfica e técnicas computacionais para gráficos em 3D. Posteriormente Charles Eastman cria o conceito *Building Product Model* na engenharia quando se referia a construção como um modelo de produto, cuja a representação digital seria o resultado do fluxo de informações do projeto. Ainda, segundo ele, essas informações deveriam representar o “produto” como a construção no mundo real.

Em meados de 1980 começa-se a desenvolver sistemas que interligam os softwares diretamente a produção. São lançadas as primeiras versões do Autodesk AutoCAD e do Bentley Microstation, ambos produtos embasados em desenhos e tarefas básicas e em paralelo a esses softwares as empresas Nemetschek e a GraphiSoft lançam seus produtos, Solibri e

Archicad, baseados em objetos paramétricos. Nesta mesma época Jerry Laiserin, populariza o conceito inicialmente criado por Charles Eastman, ao enfatizá-lo como uma representação digital do processo de construção, o qual teria como objetivo facilitar o intercâmbio e interoperabilidade de informação em formato digital.

Apesar das duas linhas de produtos terem começado a se desenvolver em uma mesma época nota-se que a diferença no sucesso causada entre elas foi enorme. Sendo que em 1994 o AutoCad tornou-se campeão absoluto de vendas de produtos deste seguimento. Este fato justifica-se pela diferença considerável entre o que era disponível e o que era requerido em termos de capacidade de software e hardware, pois o modelo paramétrico é por seu conceito mais sofisticado e sendo assim é mais exigente que modelos baseados em entidades geométricas. Contudo com os avanços da tecnologia e os decréscimos dos custos nos anos subsequentes que favoreceram empresas como a Nemetschek e Graphisoft, percebe-se desde os anos 90 a expansão no desenvolvimento dos softwares ligados a manipulação de modelos paramétricos, tornando possível então implementar ferramentas de modelagem virtual como o BIM.

No ano de 2002 a empresa Autodesk, comprou o modelo paramétrico desenvolvido pela Revit Technology Corporation por cerca de U\$ 133 milhões. Logo após, as outras grandes empresas do segmento aprimoraram seus produtos. A Graphisoft colocou no mercado a nona versão de seu já conhecido ArchiCad. A Bentley desenvolveu sua nova linha chamada de *Bentley Building Modeling*. A Nemetschek por sua vez lançou o AllPlan 2003. Desde então estes softwares baseados em modelos ou objetos passaram a ser chamados de Modelo Paramétrico da Construção ou como são conhecidos BIM, *Building Information Modeling* (TSE et AL.,2005, p.86).

3.2 Definição conceito e filosofia

De acordo com Covelo (2011, p.28): “O BIM é uma simulação da realidade e essa simulação acontece do ponto de vista físico, de projeto, de custo, de prazo, tudo ao mesmo tempo”.

Como disse Eastman (2011, p.01) esta é uma das mais promissoras tecnologias desenvolvida especificamente para construção civil:

[...] com o BIM é possível criar um modelo virtual preciso do edifício construindo-o digitalmente. Quando completado, este modelo contém geometrias e dados importantes para dar suporte a todo ciclo de vida da edificação.

O BIM propõe-se como uma ferramenta de substituição das tradicionais ferramentas CAD em 2D, segundo Eastman (2011) o objetivo da tecnologia é desenvolver uma prática de projeto integrado na qual todos os participantes convirjam seus esforços para construção de um modelo único de edifício. Esta integração, desde sua concepção até a sua fase de operação e manutenção, um projeto pensado e desenvolvido por uma equipe interdisciplinar visando à melhoria contínua de todos os elementos envolvidos.

Uma filosofia onde a “causa comum” se traduz em êxito individual e assim em êxito da equipe, promovendo eficiência no processo que se baseia na colaboração mútua, encorajando os membros da equipe a focarem seus esforços no resultado do projeto como um todo e não apenas em metas individuais. Eastman (2011).

Segundo Ferras e Morais (2012, p.02):

No processo BIM os projetos não são meras representações gráficas de elementos através de linhas, textos ou imagens passando a ser formados por um conjunto de elementos individuais parametrizáveis, com significado e propriedades associadas e a integração entre estes.

Essa analogia é muito redutora do conceito, pois para além da informação dimensional necessária a representação gráfica, o modelo BIM pode, e deve incorporar muitos outros tipos de informações. A mais usual relativa ao dimensionamento, característica física dos materiais que compõe os produtos, ao processo construtivo, à quantificação dos trabalhos, prazos, custos e mão de obra, desde a fase inicial de projeto até ao fim de ciclo de vida do edifício.

Segundo Menezes (2012, p.01):

[...] o BIM atinge diretamente os cursos superiores de arquitetura, engenharia a sua utilização plena ocasiona tamanhas mudanças nas relações entre as equipes de trabalho, que o assunto vai para além das áreas tecnológicas e das ciências exatas, abortando nas ciências humanas e despertando o interesse de pesquisadores de setores como a educação e psicologia.

Assim há necessidade de analisar este “novo paradigma” na academia e no mundo do trabalho. Menezes (2012).

Para Arsenault (2009) BIM é a criação paramétrica, ou inteligente, de modelos de perspectivas 3D em vez de desenhos 2D “não inteligentes”. Ele opera sobre uma base de dados digital e qualquer alteração feita nesta base reflete-se em todas as peças desenhadas que compõe o projeto. Permitindo assim que todos os envolvidos no período de vida do empreendimento de construção (Arquiteto, Engenheiro, empreiteiro e proprietário) possam visualizar o modelo de modo diferente, conseguindo facilmente compartilhar informações.

Portanto, mexe com a produtividade da empresa, muda a forma como se relaciona as áreas de projeto, planejamento, orçamento e aperfeiçoa a logística do canteiro de obra.

No processo BIM temos as seguintes mudanças para os agentes da cadeia construtiva:

- ✓ Orçamentista: menos levantamento, mais estratégia;
- ✓ Fornecedor: catálogos em 3D e com muitas informações, criar biblioteca com aplicativos integrados a softwares que operem em BIM.
- ✓ Compradores: antecipação das demandas aumentando o poder de negociação com fornecedores.
- ✓ Vendedores: mais persuasão e informação;
- ✓ Construtora: mais eficiência, menos imprevisto. Antecipação de conflitos que se reveste em economia de tempo, trabalho e custo no canteiro de obra;
- ✓ Incorporadora: integração das equipes, as empresas passam a ter fluxo de obra contínuo, com produtividade maior e prazo menor.

BIM é um conceito que envolve em seu fundamento a integração entre as diversas áreas de conhecimento relevantes à realização de um projeto. A modelagem 3D paramétrica e a interoperabilidade (comunicação entre diversos softwares) são características essenciais que dão suporte a esse conceito.

A adoção do sistema BIM aponta para a necessidade de revisão do processo de planejamento e sua gestão na construção civil. A colaboração entre os membros das equipes de projeto passa a girar em torno de um modelo baseado nas informações necessárias para o planejamento e construção de um edifício. Nesse contexto, o envolvimento dos profissionais durante a fase de orçamento e concepção de projetos, de planejamento e de construção mostra-se adequado à formação de um modelo consistente do edifício.

De acordo com o site da Autodesk quando se diz respeito sobre o BIM é:

[...] a modelagem de informações da construção e está derrubando as barreiras e estabelecendo a comunicação entre as equipes ampliadas de projeto e construção, oferecendo informações coerentes e confiáveis para todo o escopo do empreendimento.

BIM é um processo integrado que amplia consideravelmente a compreensão do empreendimento e viabiliza a visibilidade dos resultados.

Ainda podemos concluir que todo esse processo pode-se dividir da seguinte maneira:



Figura 2: BIM na prática.
 Fonte: Imagem cedida pela própria Autodesk.

DESIGN: Liberdade para criar e desenvolver qualquer projeto arquitetônico e não limitado a comandos de softwares. O mais importante que cada item composto nessa forma geométrica tanto tridimensional ou bidimensional, possui um identificador de informações e composições, por exemplo, uma parede que é composta de tijolos, argamassa, revestimento, posição ou qualquer item que desejar cadastrar nesse elemento arquitetônico.

DOCUMENTAÇÃO: É a geração automática das vistas em duas dimensões, obtendo a quantificação do projeto por visualizações de tabelas, gerenciamento e atualizações das vistas e por fim, a impressão das folhas/documentações para construção/Fabricação de uma edificação.

GERENCIAMENTO: A principal função do gerenciamento é a compatibilização da obra envolvendo todas as disciplinas que compõem a edificação, principalmente a arquitetura, estruturas e sistemas. Além disso, temos o resultando final da quantificação e do orçamento do projeto, em outras palavras, o controle do empreendimento virtualmente com todas as propriedades das informações da obra.

CONSTRUÇÃO: Monitora o andamento das metas para cumprir ou superar os requisitos pré-determinados pelo Design, Documentação e Gerenciamento da obra, por exemplo, a execução da construção controlada pelo cronograma pré-estabelecido pelo gerenciamento e a coordenação da fabricação de peças projetadas pela documentação.

Assim o termo BIM – “*Building Information Modeling*” tem encontrado muitas interpretações, a depender do foco que se queira dar. Segundo a *National Institute of Building Standards*, *Building Information Model* é:

[...] uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação e um recurso de compartilhamento de conhecimento para obter informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para decisões durante o seu ciclo de vida; definido desde a sua concepção até a primeira demolição.

A *American Institute of Architects* tem definido o BIM como:

[...] uma tecnologia baseada em um modelo que está associado a um banco de dados de informações sobre o projeto.

A *United States General Services Administration (GSA)* descreve o *Building Information Modeling* como:

[...] o desenvolvimento e uso de um modelo computacional de dados, não só para documentar um projeto de construção, mas para simular a construção e operação de uma nova construção ou de uma instalação modernizada. O modelo de informações de construção é resultado de um conjunto de dados referentes aos objetos, representação inteligente e paramétrica da instalação, a partir do qual visões apropriadas de vários usuários podem ser extraídas e analisadas para gerar *feedback* e melhoria da concepção do projeto.

Um modelo de informações de construção (BIM), como um mecanismo de coleta e ordenação de dados multidisciplinares durante o curso de vida do projeto, permite a obtenção de dados estruturados, trazendo grandes resultados, principalmente, para organizações que possuem a missão de gerenciar todo o ciclo construtivo das instalações.

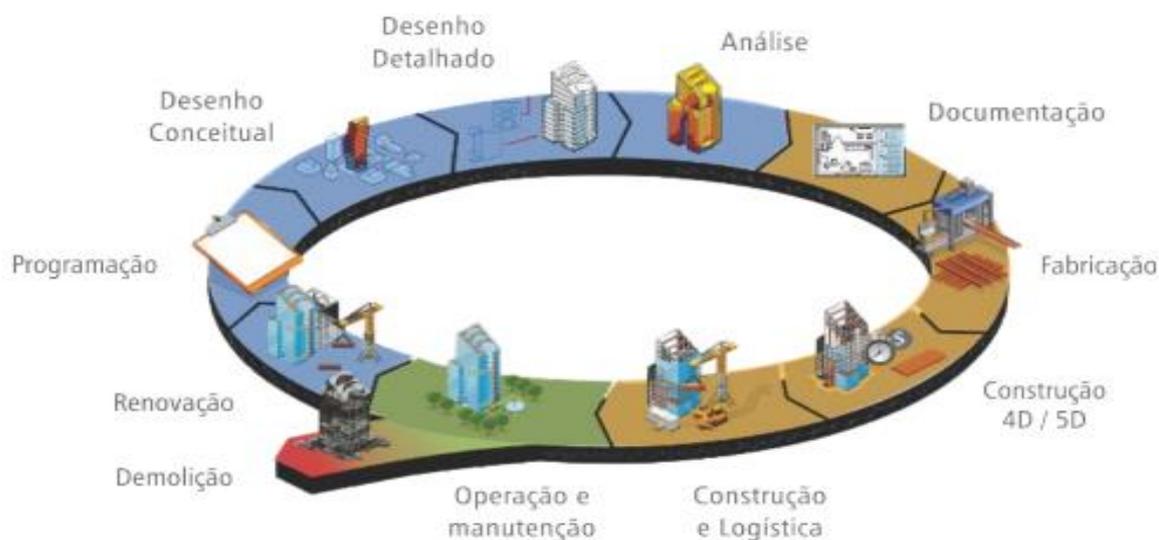


Figura 3: Ciclo construtivo, desde o seu planejamento, construção até a operação e manutenção.

Fonte: Adaptado de < <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim> >.

Para Barison e Santos (2011), a colaboração é um dos conceitos fundamentais introduzidos pela tecnologia BIM, e a integração de diferentes disciplinas são necessárias para seu uso e ensino. Entretanto, tradicionalmente, as instituições não têm interação entre seus departamentos, além do fato que nem todas as instituições possuem mais de um curso na área de Arquitetura, Engenharia e Construção.

Os softwares geram as pranchas, os desenhos e os detalhamentos com mais facilidade, reduzindo drasticamente o tempo que os profissionais perdem em passar para o papel a documentação do projeto. É dado um maior foco no projeto e melhor preocupação nas formas de representação gráfica (LAUBMEYER et al., 2009). Alguns autores, como Crespo, Ruschel (2007, p.04) falam até da “criação automática da documentação dos resultados”. Todas as representações são atualizadas automaticamente quando se faz uma alteração no projeto. Como exemplo, a representação tridimensional do projeto ou a maquete eletrônica é atualizada automaticamente quando é feito uma alteração nos projetos em 2D, como a planta baixa. É fato que uma alteração no custo não surtirá efeito na maquete eletrônica, mas uma alteração na dimensão de uma parede refletirá em alterações na maquete eletrônica e na planilha de custos.

Segundo Florio (2007, p.06):

[...] os elementos construtivos são paramétricos, interconectados e integrados. Com o aprimoramento das capacidades de parametrização contidas nos programas gráficos é possível alterar seus componentes já modelados e obter atualizações instantâneas que repercutem em todo o projeto.

Atualmente, a indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC), está perante mudanças e desafios relevantes, quer tecnológicos, quer institucionais, onde se inclui a proliferação da informação, a necessidade de aplicação apropriada de práticas sustentáveis, as preocupações energéticas globais, a melhoria da produtividade, entre outras. Esta indústria, usualmente tradicional e avessa à mudança, está progressivamente a optar por soluções de automatização e modernização. Os engenheiros e os arquitetos do século XXI têm que saber lidar com esta rápida mudança tecnológica, partilhando informação e promovendo a comunicação interdisciplinar.

3.3. Vantagens e desafios para implementação do BIM

Segundo a revista THE ECONOMIST, 30% do processo de construção é repetido, 60% do esforço de trabalho é desperdiçado. Há também perda de 10% de materiais. Como dito por Azevedo (2009, p.02), a tecnologia usada não é capaz de enfrentar a crescente complexidade dos edifícios e um mercado incessante à procura de prazos mais curtos.

Na revista Construção Mercado Ed. 106 (2010, p.56) Silva afirma:

Modelos utilizados atualmente para gerenciamento de informações na base de projetos durante a execução e manutenção de obras na construção civil, são modelos baseados em papel. Conflitos nas bases de dados, inconsistências de compatibilização de projetos, omissões, ou redundância de informações gerenciais frequentemente causam custos extras, atraso e problemas legais entre grupos formados para execução dos trabalhos.

A tecnologia BIM é uma inovação que pode mudar este cenário.

Usualmente fala-se de modelos em 3D que incorporam as três dimensões do espaço. Pode-se ainda, incorporar outras dimensões no modelo (LEUSIN, 2007). Um exemplo disto é o modelo em 4D que incorpora o tempo como variável na representação para a execução. Um dos benefícios dessa incorporação é a facilidade no planejamento da obra. Podemos incorporar outras dimensões no modelo, com a denominação N-D, incorporando informações sobre execução, uso e manutenção. Desta maneira, analisa-se opções construtivas, automação de suprimentos e manutenção (LEUSIN, 2007).

Se um fornecedor disponibilizar seus produtos que dispõe na forma de modelos na plataforma BIM, será muito mais fácil para o projetista especificar estes produtos. O fornecedor fornece os dados para que o projetista use o seu produto. O projetista por sua vez tem a segurança de que as informações do modelo são confiáveis, já que foram disponibilizadas pelo próprio fabricante.

O BIM oferece uma tecnologia transformadora pela sua capacidade de fornecer um recurso compartilhado digital para todos os participantes na gestão do ciclo de vida de um edifício, desde o desenho preliminar, até a gestão de instalações com um banco de dados visual dos componentes do edifício, o BIM pode fornecer a quantificação exata e automatizada, e ajudar na redução significativa da variabilidade e das estimativas de custo.

A diferença do BIM e do CAD é a elaboração do projeto, pelo usuário, usando objetos ao invés de apenas as linhas. O BIM contém propriedades predefinidas, ou propriedades definidas pelo usuário, que completam quantidades de material (ALDER, 2006, p.05).

Produzir estimativas exige a capacidade não somente de contar blocos cerâmicos, portas, janelas, acessórios hidro sanitários, mas também a visualização destes elementos. Com a utilização do modelo BIM, há uma produção de dados concretos nas fases iniciais do processo de projeto.

O intercâmbio de dados digitais sobre um projeto de construção pode substituir a base de processos impressos e pode aumentar a velocidade e a eficiência da comunicação, bem como melhorar a gestão dos custos, da concepção à conclusão

também conhecida como gestão total de custos. O objetivo, no entanto, é integrar todos os dados multidisciplinares gerado pela obra e otimizar a sua utilização (MATIPA, 2008). Assim, os orçamentistas compreendem e visualizam exatamente o que está a ser quantificado para analisar tais cenários diferentes (ALDER, 2006, p.26).

Alder (2006, p.27) apresenta muitas características que podem ajudar na estimativa e na quantificação com o uso da ferramenta BIM:

- ✓ Visualização e compreensão do escopo do projeto – visão tridimensional;
- ✓ Atributos dimensionais a partir de objetos sem quaisquer problemas de escala errada;
- ✓ Exibir os itens a serem quantificados. Com o modelo criado, a lista de materiais torna-se disponíveis e são ligadas aos objetos no modelo. Estas listas podem ser modificadas para mostrar os parâmetros dos objetos no modelo, tais como as quantidades e dimensões atualizadas automaticamente.
- ✓ É possível isolar os objetos na visão tridimensional para verificar a correta quantificação, o orçamento é desenvolvido com detalhe significativo (detalhadas pelo sistema).
- ✓ É possível fornecer um entendimento de onde está a variância e a importância.
- ✓ A comparação com os dados iniciais são possíveis.
- ✓ A estrutura de custos é disponível para as partes fundamentais para avaliação das áreas onde são possíveis grandes melhorias.

A unificação dos dados facilita a compreensão de todos agentes envolvidos no projeto, a questão resume-se à guarda e controle sobre os dados do produto, como ele é criado e atualizado. Cada item é descrito apenas uma vez, usando qualquer ferramenta de modelagem. Mesmo que a extração automática das quantidades possa ser alcançada pela maioria dos sistemas, o problema reside com a utilização da extração de quantitativos especialmente em situações onde os orçamentistas são omitidos do processo de projeto. É inevitável que a documentação e os dados sejam cada vez mais automatizados a ponto da quantificação e de outros processos técnicos exigirem a mínima intervenção humana (MATIPA, 2008, P.156).

A utilização do BIM gera implicações positivas para todos os agentes envolvidos e permite uma efetiva prática profissional integrada e colaborativa. Campbell (2007) aponta dez usos para BIM:

- 1–Visualização do projeto;
- 2–Análises de construtibilidade (análise de meios e métodos construtivos);
- 3–Planejamento e utilização do terreno (análise de implantação, acessos, segurança, posicionamento de guindastes e canteiro de obras, etc.);
- 4–Planejamento através da modelagem 4D (cronograma de obra e análise seqüencial das etapas);

- 5–Simulação 5D (quantitativos de materiais com custos associados);
- 6–Integração no modelo de informações sobre fabricantes e sobre projetos complementares;
- 7–Coordenações de projetos (com detecção de conflitos entre os sistemas);
- 8–Documentação para obra em 2D;
- 9–Projeto para pré-fabricação;
- 10–Operação e manutenção do edifício (“as built”, manuais, garantia, e gerenciamento de equipamentos e instalações).

Assim podemos listar as seguintes vantagens do sistema BIM:

- ✓ Diminuição de erros: o compartilhamento de informações contidas em um único projeto possibilita redução significativa de erros auxiliando a eliminar a repetição de dados, em todas as etapas do projeto desde sua concepção até o final de seu ciclo de vida;
- ✓ Aumento da produtividade: com a utilização do processo, se reduz o tempo na elaboração do desenho e um maior tempo será dedicado a estudos e ao projeto, sugerindo saídas que agilizem a construção.
- ✓ Melhoria no planejamento: as informações integradas e a modelagem do projeto permite a elaboração de cronogramas mais concisos, com uma análise visual de possíveis obstáculos.
- ✓ Estimativas mais precisas: a parametrização das informações permite que todos os insumos sejam quantificados de maneira automática, reduzindo o tempo despendido com o levantamento quantitativo e proporcionando ao orçamentista maior precisão e coerência nas estimativas;
- ✓ Diminuição nos riscos: com o projeto totalmente construído de maneira virtual anteriormente ao início da obra, há um maior controle sobre possíveis falhas construtivas ou problemas durante a execução, proporcionando dados mais precisos para as estimativas de riscos.

Os desafios para implantação do BIM seriam:

- ✓ Qualificação para os profissionais: a grande quantidade de softwares utilizados no processo torna-se necessário a capacitação e qualificação dos profissionais que atuam na elaboração de projetos. Os projetistas terão de aprender a projetar utilizando as novas ferramentas, fato que, pode causar certa oposição em aderir o BIM;
- ✓ Necessidade de investimentos: Independente do tamanho da empresa a adotar o BIM, para a implantação será necessário um grande investimento, principalmente com *hardwares* mais potentes, e compra de softwares. O total do investimento está relacionado ao tamanho da empresa, não sendo possível determinar valores únicos.

- ✓ Dificuldade em medir os benefícios: mesmo com relatos positivos de adoção da metodologia BIM ainda não é possível prever de forma precisa os benefícios que esta fornece;
- ✓ Ausência de padronização: a carência no Brasil de biblioteca para o uso do BIM.

Assim existe um conjunto de desafios e limitações que estão a dificultar a adoção rápida do BIM na prática profissional. Muitos condicionantes são técnicos e têm sido gradualmente abordadas pelos produtores de software, pelos investigadores e pelas organizações. No entanto, são as questões centradas nas pessoas e nas organizações as que colocam os maiores desafios para se implementar o BIM, uma vez que a mudança de paradigma, não é facilmente alterada. Estamos trabalhando com uma mudança de processo, o que naturalmente gera mudança de paradigma.

3.4. A evolução do sistema BIM

A utilização do BIM, pela AEC é apoiada pela nova geração de CADs. Os primeiros software BIM lançados no mercado foram o Allplan no início da década de 80 e o ArchiCAD, em 1984. O REVIT, outro software BIM, foi criado já na década de 90, e posteriormente comprado e difundido comercialmente pela Autodesk. Há também o software Bentley. Estes programas que utilizam a tecnologia BIM, possuem inúmeras vantagens de visualização e melhoria na produtividade, em relação ao CAD geométrico mais difundido no mercado. Alguns apresentam ainda a opção de importar arquivos dxf, para a compatibilização de projetos, reconhecendo também arquivos dwg (SCHEER, S. et al, 2007). Tais programas podem ainda contribuir integrando informações de diversos projetos em um único modelo digital. Este modelo é apoiado por um banco de dados composto de elementos construtivos e suas relações espaciais (FLORIO, 2007, p.05).

Sendo um dos últimos lançamentos da tecnologia BIM, os programas *Revit Architecture*, *Revit Structure* (Estrutura) e *Revit System for mechanical, electrical and plumbing* (MEP⁵), são capazes de partilhar um modelo único. Dentre estes programas, o *Revit Building*, mais voltado para a utilização com projetos, possui elementos construtivos (paredes,

⁵ Disciplina da suíte do software Revit. MEP é uma sigla em inglês: *Mechanical, Electrical and Plumbing*, que significa mecânica, elétrica e hidráulica.

janelas, portas) com propriedades fixas (materiais, especificações), podendo o usuário alterar apenas valores determinados (ex.: as dimensões). Sendo compartilhado por diversos usuários, um participante poderá propor alterações no modelo, que deverá ser conferido e validado pelos demais usuários antes de tornar-se uma alteração definitiva. Desta forma, a compatibilização dos projetos torna-se mais fácil e ocorre a redução de erros de projeto (CRESPO e RUSCHEL, 2007).

O sistema é apresentado com informações em bancos locais, exclusivo para cada usuário do sistema. Estes usuários com acesso aos arquivos podem ser arquitetos, engenheiros, desenhistas e qualquer outro profissional ligado ao processo de concepção do projeto.

Tobin (2008) apresenta as três gerações de adoção do BIM, nomeando-as de BIM 1.0, 2.0 e 3.0. Para Tobin o BIM 1.0 é caracterizado pela substituição do desenvolvimento de projetos em CAD bidimensionais por modelos 3D parametrizados. Nesta fase, o desenvolvimento do modelo é um processo individualizado, restrito aos projetistas, sem o envolvimento e colaboração de profissionais de outras áreas.

O BIM 2.0 amplia o modelo a outros profissionais, além dos envolvidos no desenvolvimento dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações. Nesta fase, modelos associando informações, tais como o tempo (4D), dados financeiros (5D) e análise de eficiência energética, dentre outros (nD) são associados ao sistema. Para tal é necessária a cooperação entre os projetistas, consultores, empreendedores e contratantes. Nesta fase é necessária a preocupação com a interoperabilidade dos dados, que permite o intercâmbio das informações entre os diversos participantes. A adoção efetiva do BIM 2.0 já é realidade em empreendimentos na América do Norte, Ásia e Europa.

O sistema Revit, desenvolvido pela Autodesk oferece suporte à colaboração multiusuário, utilizando o recurso *Worksharing*⁶, que permite acesso simultâneo a um modelo do edifício compartilhado entre vários usuários. A solução exige a adoção do software Revit por todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento do projeto, que é desenvolvido localmente no sistema do usuário e disponibilizados no modelo compartilhado.

Crespo e Ruschel (2007, p.04) afirmam que:

O modelo BIM da Autodesk possui recursos de coordenação da informação entre colaboradores em ambiente de rede *extranet*, o que exige um planejamento nas regras de acesso a dados e busca de padronização para evitar conflitos de

⁶ O Autodesk Revit Worksharing Monitor facilita a utilização do software Revit em um ambiente de compartilhamento de trabalho com base em arquivo, onde várias pessoas trabalham em um único projeto. Fonte: site Autodesk Wikihelp (http://wikihelp.autodesk.com/Revit/ptb/2013/Help/0000-Mais_info/0001-Recursos1/0110-Autodesk110/0114-Usando_A114).

comunicação. Porém, as comunicações interativas textuais entre colaboradores não são suportadas pelo Revit, para este fim, pode-se usar o *Buzzsaw* da mesma empresa que é um software de ambiente de colaboração virtual.

Empresas provedoras de sistemas colaborativos para gestão de projetos na construção civil estão incorporando recursos que permitem a distribuição de modelos BIM através de uma plataforma WEB. Serviços, tais como o *Asite*⁷, *Buzzsaw*⁸ e *Newforma*⁹, dentre outros, oferecem recurso para armazenagem de projetos desenvolvidos em sistemas BIM.

A Autodesk (2007) afirma que parte dos profissionais envolvidos em um projeto desenvolvido através do Revit não necessita acessar o modelo de dados, mas informações apropriadas do projeto, distribuídas através de arquivos DWF¹⁰, que permitem a visualização, revisão e impressão dos projetos (Figura 4).

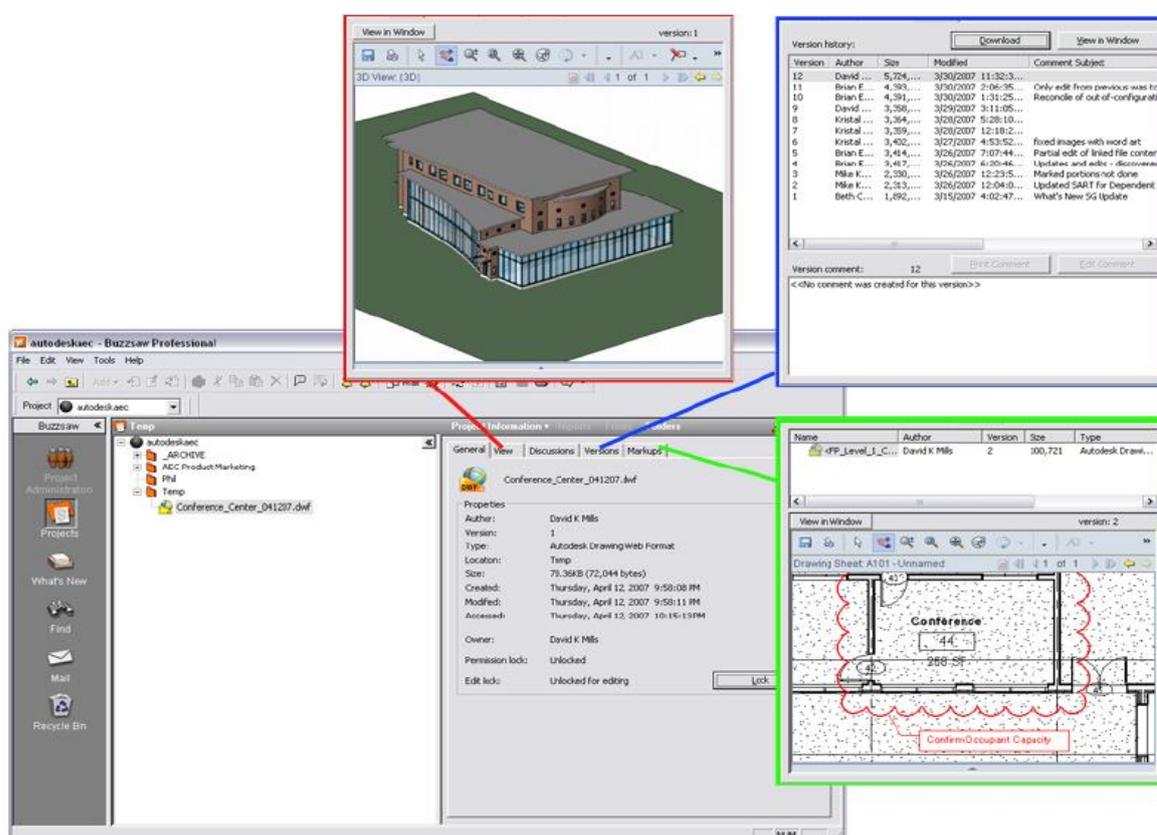


Figura 4: Visualização de Arquivo DWF - Sistema Colaborativo *Buzzsaw*.
Fonte: Autodesk.

⁷ *Asite*: Sistema colaborativo de gestão de projetos desenvolvido pela Asite Solutions Ltd. – <http://www.asite.com>.

⁸ *Buzzsaw*: Sistema colaborativo de gestão de projetos desenvolvido pela Autodesk – <http://www.buzzsaw.com>.

⁹ *Newforma*: Sistema colaborativo de gestão de projetos desenvolvido pela Newforma Inc. – <http://www.newforma.com>.

¹⁰ DWF: Drawing Web Format – Arquivo de exportação de dados desenvolvido pela Autodesk.

A era pós-interoperabilidade (BIM 3.0) é considerada por Tobin (2008) a terceira geração da adoção do BIM. No BIM 3.0 o intercâmbio das informações entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto é realizado através de protocolos abertos, tais como o IFC¹¹ e os protocolos elaborados pela buildingSMART¹², que permitem aos profissionais o desenvolvimento colaborativo de um modelo de dados que pode ser considerado um protótipo completo da construção do edifício.

Tobin (2008) especula que o modelo do BIM 3.0 estará disponível através de um banco de dados acessível através da internet onde os modelos BIM serão construídos colaborativamente em um ambiente 3D. Na direção do BIM 3.0, a empresa norte americana Onuma Inc. oferece um sistema acessível através da internet denominado *ONUMA Planning System* (OPS) – Figura 5 – que permite o compartilhamento de modelos BIM elaborados por sistemas diversos e oferece recursos para exportar os modelos para sistemas colaborativos, outros softwares e sistemas de arquitetura aberta, como o Google Earth¹³ – Figura 6.

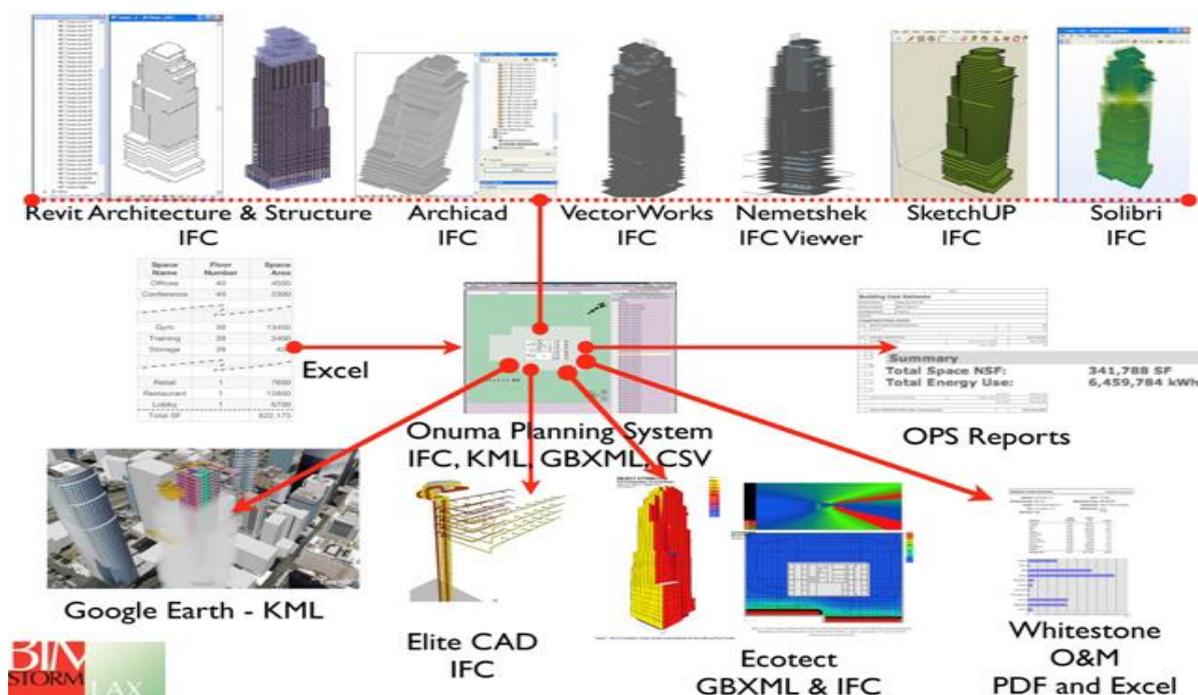


Figura 5: ONUMA Planning System.
Fonte: (ONUMA, 2008).

¹¹ IFC: Industry Foundation Classes – Arquivos que se utilizam da linguagem XML, que tem o propósito fundamental de armazenar, recuperar e transmitir informações relacionadas à construção civil.

¹² buildingSMART é uma aliança de organizações envolvidas na indústria da construção civil dedicada a desenvolver padrões e processos para o intercâmbio de informações. A aliança inclui empresas, profissionais da área da construção civil, desenvolvedores de softwares, governo, laboratório de pesquisas e universidades, dentre outros.

¹³ Google Earth é um programa desenvolvido e distribuído pela empresa Google, cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de fotografias de satélite associado a informações diversas, como modelos em 3D.

O modelo centralizado do OPS permitiu a realização de diversas apresentações e experimentos em tempo real denominados *BIMStorm*¹⁴. Destacam-se dois experimentos abertos, envolvendo equipes internacionais, no desenvolvimento colaborativo de projetos na cidade de Los Angeles e Londres, utilizando sistemas *BIMStorm*.

De acordo com Wong (2008), o evento proposto atendeu às seguintes premissas:

- ✓ Condução em tempo real;
- ✓ Acessível através da internet;
- ✓ Curto período para desenvolvimento dos modelos;
- ✓ Baseado em padrões abertos de interoperabilidade de modelos.

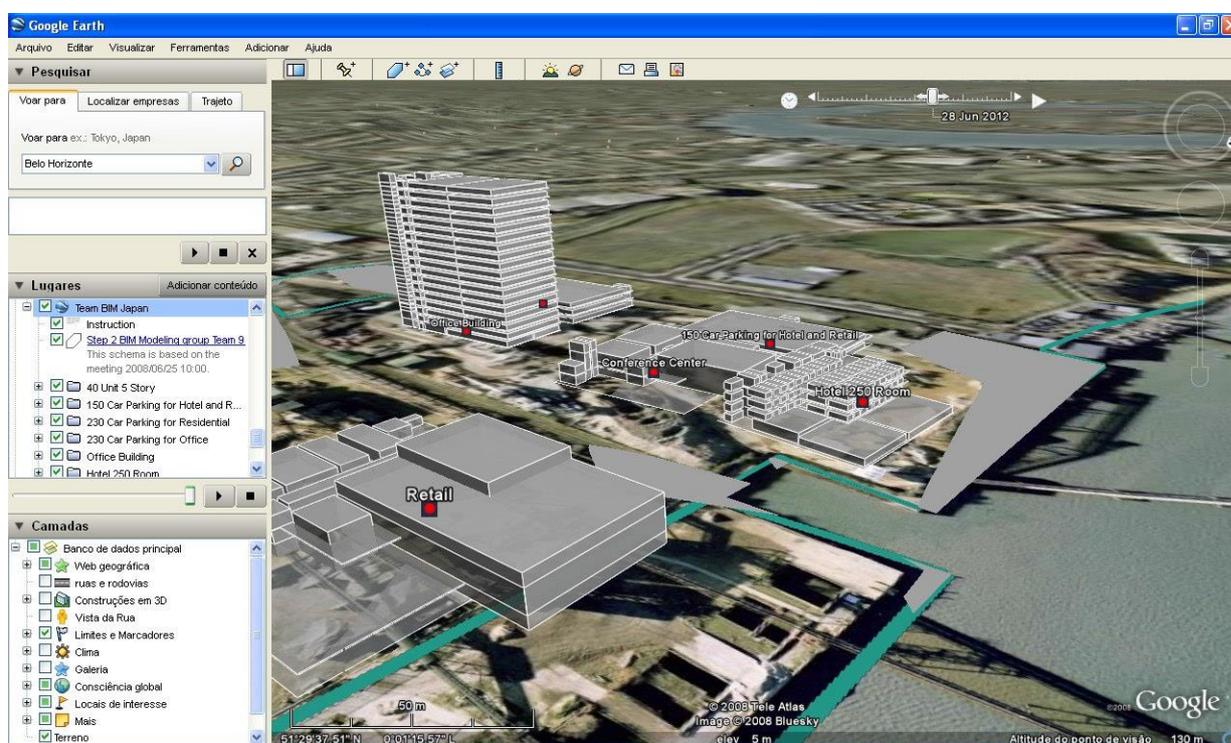


Figura 6: Visualização do modelo BIM no Google Earth BIMStorm Londres.

Fonte: (www.asite.com).

O Sistema OPS acessível através da internet funcionou como um repositório central, armazenando todos os modelos e análises. As equipes envolvidas no desenvolvimento dos edifícios adotaram softwares diversos para modelagem e análise do modelo BIM, compatíveis com o padrão IFC, tais como: ArchiCAD, Revit, VectorWorks Architect, Roland Messerli, EliteCAD, Ecotect e Sketchup, dentre outros.

¹⁴ O BIMStorm consiste numa experiência de projeto integrado num espaço virtual, baseado numa plataforma de colaboração BIM, acessível pela internet (ONUMA, 2008).

Os projetos foram desenvolvidos por equipes multidisciplinares que trocaram informações através do sistema OPS apoiados por sistemas avançados de visualização em 3 dimensões, incluindo o Google Earth.

Além disso, a questão da integração da informação não envolve somente a área de projetos. Para além da consistência interna ao projeto, temos que pensar na cadeia produtiva da construção civil como um todo. A relação de interdependência entre todos os participantes do setor é enorme e direta, começando no projeto, passando por planejamento, subcontratados de obra, obra, pós-ocupação e manutenção – Figura 7.

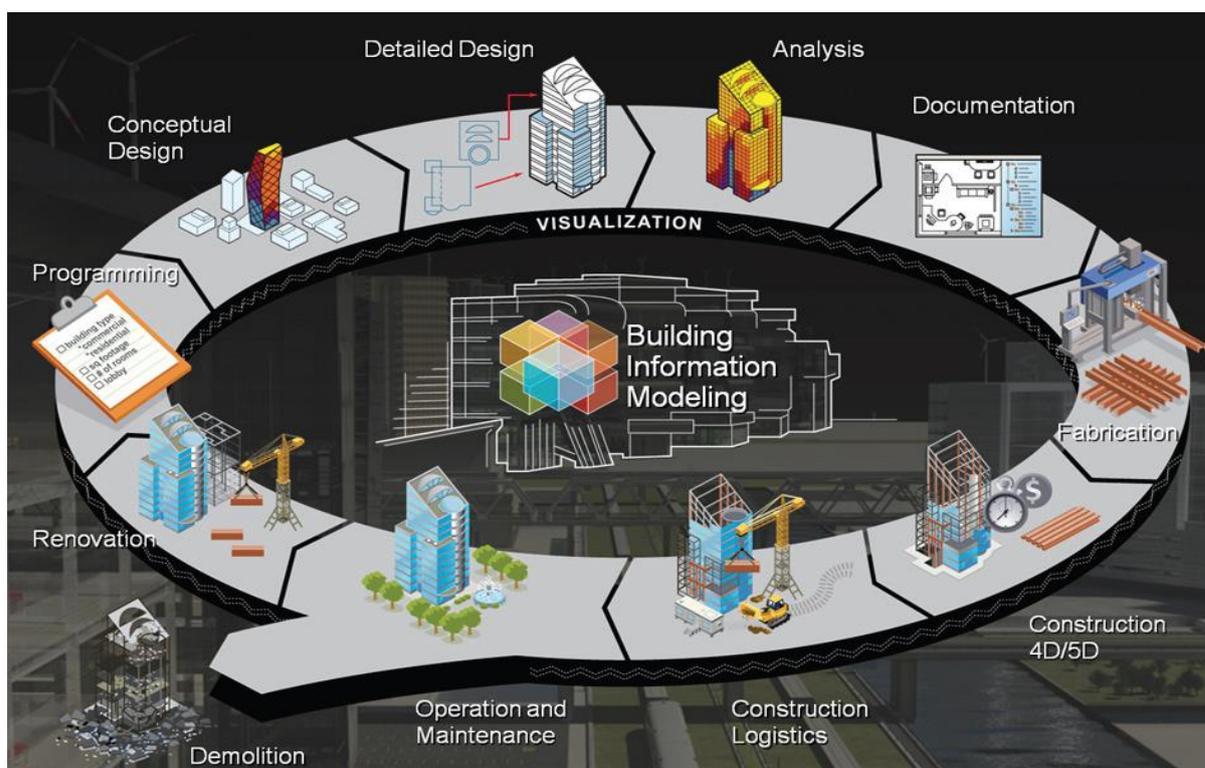


Figura 7: Ciclo construtivo, desde o seu planejamento, construção até a operação e manutenção.

Fonte: Adaptado de < <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim> >.

Muitos dos problemas da construção civil ocorrem por falta de comunicação e integração entre pessoas e documentos. Entre esses problemas, os grandes vilões são a baixa qualidade e confiabilidade das informações e informações perdidas ao longo do processo.

Hoje, o controle das informações no desenvolvimento de projetos e obras é complexo: grande quantidade de dados gerados simultaneamente, vários usuários acessando essa base de dados diversas vezes, ao mesmo tempo, e de locais diferentes. Com os dados espalhados por diversos documentos, a chance de incidência de erro é enorme.

No modelo gerado na plataforma de BIM, todas as informações de todas as disciplinas estão concentradas e integradas. Todos os projetos estão vinculados em um mesmo modelo.

Quando o BIM vier a ser uma realidade, dentro do ambiente AEC (arquitetura, engenharia e construção), ao longo de toda a cadeia, os atuais índices de erros deverão cair vertiginosamente.

Outro aspecto importante na utilização da plataforma BIM é que seus modelos são uma construção, ainda que virtual, do objeto arquitetônico. Com essas construções, nos diversos estágios do projeto, podemos quantificar, planejar, coordenar e recuperar informações a qualquer momento da vida do empreendimento. Podemos ainda, verificar interferências, testar alternativas de projeto, ensaiar o comportamento do modelo sob ação de diversos agentes.

Segundo a definição de M. A. Mortenson Company (EASTMAN *et al.*, 2011,p.13), uma empresa contratante da construção civil, BIM é uma simulação inteligente da arquitetura, e seis são as características básicas para que tal fato se verifique. A simulação deve ser:

✓ **DIGITAL:** Não ser uma mera representação gráfica, ser paramétrica, tridimensional.

✓ **ESPACIAL:** Ter três ou mais dimensões, para simular o processo.

✓ **MENSURÁVEL:** Ser quantificável, dimensionável.

✓ **ABRANGENTE:** Conter o máximo de informações da edificação, tais como comportamento dos sistemas, sequência executiva no espaço e no tempo, custos do projeto.

✓ **ACESSÍVEL:** A toda a cadeia produtiva, projetistas, construtoras, usuários, proprietários. Ser interoperável entre plataformas de softwares e hardwares.

✓ **DURÁVEL:** Que possa ser usada em todas as fases do empreendimento, projeto e planejamento, fabricação e construção, operação e manutenção. O potencial de utilização do modelo, por sua vez, depende da riqueza de informações com que ele é alimentado.

4. INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade é aqui entendida como a capacidade de identificar os dados necessários para serem passados entre aplicativos (EASTMAN *et al.*,2011). Se existe uma boa interoperabilidade se elimina a necessidade de réplica de dados de entrada, que já tenham sido gerados, e facilita, de forma automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos, durante o processo de projeto.

O conceito da interoperacionalidade faz parte integrante do conceito BIM, procurando mudar a visão tradicional do fluxo de trabalho de “1 x n”, em que cada um dos interlocutores se relaciona com “n” intervenientes, para a visão do fluxo de trabalho de “n x 1”, em que cada um dos “n” interlocutores incorpora um conjunto de informação num único modelo partilhado.

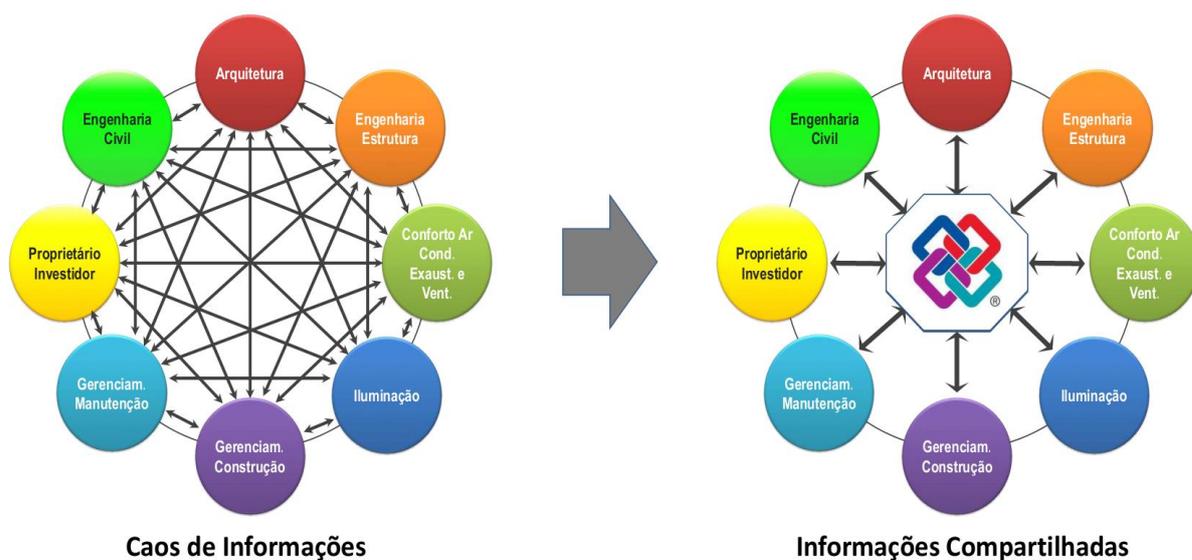


Figura 8: Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto.
Fonte: Adaptado de Pries (2010)

A interoperabilidade organiza dados necessários para serem passados entre aplicações informáticas possibilitando a criação de um único protocolo. Este protocolo corresponde a uma convenção ou padrão que controla e possibilita uma comunicação ou transferência de dados entre os sistemas computacionais dos intervenientes e o sistema computacional central onde reside o modelo partilhado do empreendimento (Eastman et al., 2011).

A interoperabilidade representa a necessidade de passar os dados entre os programas, permitindo que haja interação entre eles. Propriedade importante, pois não existe um único programa que seja capaz de executar todas as funções que o conceito do BIM propõe.

A interoperabilidade é, portanto, fundamental para ser possível tirar proveito de todo o potencial do BIM, o que trará benefícios para todas as partes interessadas resultando, assim, em melhorias segundo três vetores: custos, prazos e qualidade. Segundo a experiência de entidades que já adotaram o BIM, a interoperabilidade (Fallon, 2008, p.08):

- ✓ acelera a tomada de decisões com conhecimento de causa em projeto;
- ✓ permite a realização de rápidas iterações da performance do edifício e da sequência de construção;
- ✓ simplifica o fluxo de informação e reduz o tempo até à conclusão em certas cadeiras de fornecedores;
- ✓ reduz, significativamente, os problemas na obra e o desperdício de material durante a construção;
- ✓ torna viável a pré-fabricação, em ambientes controlados, de maiores percentagens de componentes do edifício, aumentando a sua qualidade e longevidade;
- ✓ reduz as atividades no estaleiro e o armazenamento de materiais no mesmo.

A interoperabilidade apresenta, portanto, grandes benefícios em duas áreas que se encontram interligados: a colaboração no processo BIM e o aproveitamento das potencialidades das ferramentas BIM disponíveis no mercado.

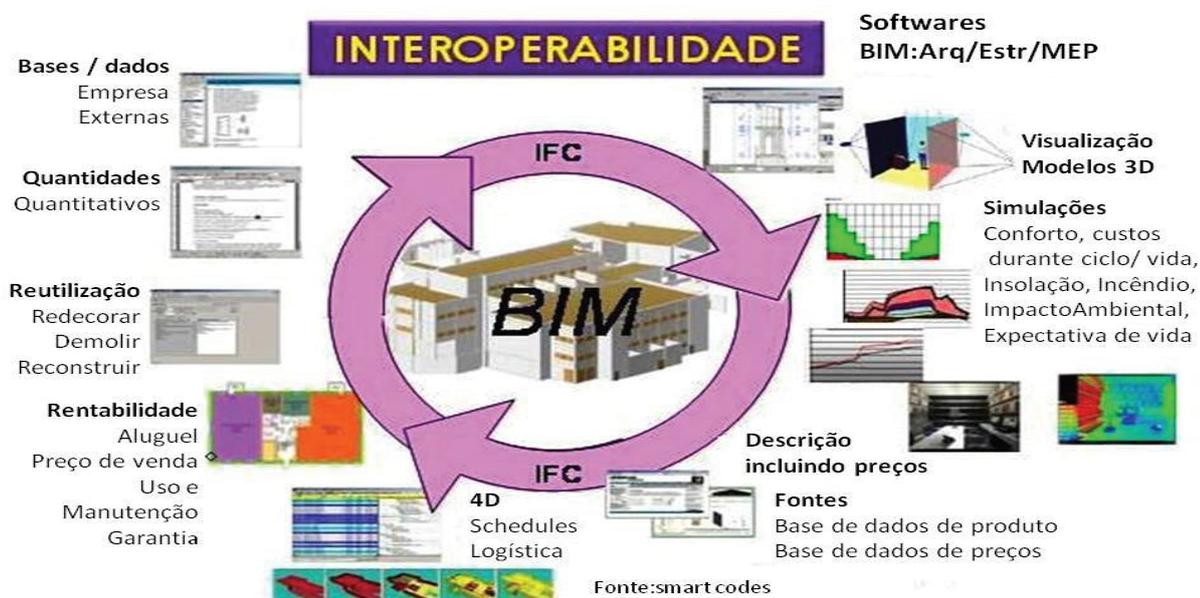


Figura 9: BuildingSMART - Ciclo integrado do BIM.
Fonte: Adaptado (IAI, 2008).

Segundo Eastman et al. (2011); São quatro as formas de exportar formatos:

1 – Conexão direta – é a integração de dois programas através de uma conexão direta entre ambos, usualmente acessada por interfaces presente em um deles ou nos dois programas.

2 – Formatos de exportação particular (*Proprietary file exchange formats*) – são uma extensão criada por uma empresa comercial para a interface com produtos da mesma companhia. Em alguns casos particulares, tornaram-se padrão. Por exemplo, a extensão padrão usada pela associação AEC (*Architecture, Engineering, Construction*) é DXF (*Data Exchange Format*), definida pela Autodesk ou SAT criada pela (Spatial Technology).

3 – Formatos de exportação públicos (*Public product data model exchange formats*)

4 – Formatos XML (*Extensible Markup Language*) – é uma extensão da HTML, uma linguagem usada para enviar informações na internet. O XML permite a definição de uma base de dados de interesse chamado *schema*. Essas estruturas permitem exportar vários tipos de arquivos entre os softwares. Alguns exemplos de *schema* usados pela AEC: gbXML (*Green Building XML*), *schema* usado para transferir dados para a realização de análises primárias de energia que envolvem edificações, aecXML, usado para enviar dados referentes a contratos e documentos de projetos.

Dois formatos amplamente usados para troca de dados na internet – 3D PDF (*Portable Document Format*), criado pela Adobe, e DWF (*Design Web Format*), criado pela Autodesk – permitem que os arquivos sejam visualizados e marcados para indicar revisões e comentários, porém não admitem ser modificados.

São padrões de modelos abertos que buscam que a interação entre programas seja feita de forma completa, de modo que os aplicativos possam comunicar. Esses formatos carregam informações não apenas do objeto e material, mas também as interações e regras que definem sua geometria. Alguns grupos foram criados no intuito de garantir a interoperabilidade dos programas envolvidos no BIM: o IFC (*Industry Foundation Classes*) representa as indústrias envolvidas em todo o ciclo de vida da construção de um edifício, desde o projeto até a manutenção. Iniciativa apoiada pela IAI¹⁵ (*International Alliance for Interoperability*) e o CIS/2 (*CimSteel Integration Standard, Version 2*) que representa as indústrias ligadas ao projeto, fabricação e análise das estruturas em aço, suportada pela *American Institute of Steel e Construction Steel Institute* do Reino Unido.

¹⁵ Inicialmente, a IAI (*Industry Alliance for Interoperability*) era um consórcio de empresas criado, em 1994 pela Autodesk, para desenvolver um programa, usando a linguagem C++, no intuito de criar um suporte para melhorar a integração entre seus aplicativos. Em 1997, houve a mudança do nome para IAI (*International Alliance for Interoperability*) abrindo a aliança a qualquer interessado, construindo-se uma organização internacional de aliança industrial de fins não lucrativos com o objetivo de divulgar a *Industry Foundation Classes* (IFC) como uma data-base neutra da AEC para responder a todo o ciclo de vida da edificação.

Para que se tenha uma boa interoperabilidade é de fundamental importância a implementação de um padrão de protocolo internacional de trocas de dados nos aplicativos e nos processos do projeto. O principal protocolo usado hoje é o *Industry Foundation Classes* (IFC), que é um modelo de dados do edifício baseado em objetos, não proprietário. Mesmo assim, o que se observa na prática, de acordo com Kiviniemi *et al.* (2008), é que o uso de padrões IFC atende a requisitos para certas tarefas, deixando, contudo, que muitas outras tarefas não sejam suportadas por este formato. Um dos maiores obstáculos para a adoção do IFC é a perda de robustez na interface disponível nos aplicativos, tornando isso um grande obstáculo para um amplo e voluntário uso do IFC como protocolo preferido para troca de dados do edifício.

Ao mesmo tempo em que existe um desconhecimento por parte dos usuários sobre quais são os propósitos do uso do IFC nos aplicativos disponíveis, parece haver também um grande desinteresse das organizações vinculadas à indústria da AEC pelo aperfeiçoamento do IFC. Isto, segundo Kiviniemi *et al.* (2008), é em decorrência de que o conceito de BIM ainda não teve uma plena penetração no mercado e que o reuso de dados ainda é uma tarefa muito limitada. A maioria das empresas da indústria da AEC não considera o modelo baseado na integração como algo importante.

Existem várias maneiras de trabalhar a interoperabilidade na elaboração de um projeto, dentre elas podemos citar algumas:

- ✓ Interoperabilidade entre softwares do mesmo fornecedor:

Este nível de interoperabilidade ocorre quando, por exemplo, um arquiteto, um engenheiro estrutural e um engenheiro de qualquer especialidade trabalham em modelos BIM distintos utilizando as suas versões da aplicação *Revit* (da empresa *Autodesk*) por exemplo. Estes modelos podem, então, ser sobrepostos resultando um modelo combinado. Este modelo combinado, por sua vez, chegará às mãos da equipe encarregada pela construção que, utilizando a aplicação *Navisworks* (da mesma empresa), realizarão o planejamento dos trabalhos. Este tipo de interoperabilidade apresenta grandes benefícios em termos de planejamento e coordenação dos trabalhos, bem como na detecção, em tempo útil, de conflitos entre a estrutura e as especialidades.

- ✓ Interoperabilidade entre softwares de diferentes fornecedores:

Nos dias de hoje, não é ainda possível projetar e construir um edifício utilizando apenas o software de um único fornecedor. Portanto, é inevitável que se tenha de recorrer, a determinada altura, a softwares de diferentes fornecedores. O que levanta uma questão: as regras de comunicação. Quando dois softwares de diferentes fornecedores necessitam de

comunicar, têm de ser acordadas regras de comunicação que definem como os dois softwares devem comunicar entre si. Um exemplo poderá ser a utilização de um software para modelar o edifício e outro para especificar os materiais contidos no modelo. Para que tal seja útil para o utilizador, os dois softwares têm de comunicar entre si possibilitando, assim, que um tenha acesso à informação contida no outro. Portanto, existe neste tipo de interoperabilidade um grande potencial para reduzir o número de erros e de melhorar a coordenação da informação.

✓ Interoperabilidade através de normas abertas de dados (*open data standards*):

A função dos *open data standards* é definir onde a informação deve estar para ser exibida ou transferida entre diferentes softwares. O que, hoje em dia, é algo trivial e tomado como garantido na área da informação. Veja-se, por exemplo, o serviço de correio eletrónico (*e-mail*) no qual não é nenhuma surpresa ser possível enviar um *e-mail* para outra pessoa e esta conseguir vê-lo utilizando inúmeros softwares. Isto acontece porque, nesta área, estão perfeitamente definidas as normas de dados e assim, a informação é transferida entre aplicações de forma correta. Na indústria da construção existem, dois *open data standards* bem consolidados: o *Green Building XML* (gbXML) e o *Industry Foundation Classes* (IFC). A sua utilidade será permitir que informação de diferentes fontes e diferentes softwares trabalhem em conjunto para melhorar o fluxo de trabalho na construção.

Portanto, as trocas de dados entre aplicações são, geralmente, classificadas de três formas (Redmond et al., 2012):

✓ *direct links* (ou ligações diretas, em português) – incluem *Application Performance Interfaces* (APIs) para extrair os dados de uma aplicação e “escrevê-los” utilizando outra aplicação que recebe os dados. Um exemplo é o *Geometric Description Language* (ArchiCAD);

✓ *proprietary file exchange* – é um ficheiro ou uma interface de *streaming* desenvolvida por uma organização apenas com o intuito de trocar dados com a aplicação da mesma organização abordando, essencialmente, a geometria. A maioria dos fornecedores de software prefere este tipo de trocas de dados ou o anterior. Um exemplo é o formato da Autodesk, o *Drawing eXchange Format* (DXF);

✓ *public product data model exchange* – são esquemas e linguagens abertas e geridas publicamente como o *Extensible Markup Language* (XML), os ficheiros de texto e o IFC (Eastman et al., 2011).

4.1 Criação da IAI e o advento do IFC

Os primeiros esforços no desenvolvimento do IFC surgem entre as doze principais organizações americanas ligadas à AEC, por meio da *Industry Alliance for Interoperability*, em 1994. Em seguida é expandido para a *International Alliance for Interoperability* (IAI) que é um consórcio internacional de empresas comerciais e instituições de pesquisa. Esta, inicialmente contava com sete países consorciados.

Hoje conta com pelo menos vinte países (INTERNATINAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY, 2008). O objetivo da IAI, de acordo com Hyvärinen *et al.* (2006), é de buscar a interoperabilidade de softwares da indústria da AEC/FM por meio de uma base universal que permita a melhoria da comunicação, da produtividade, do tempo de entrega, do custo e da qualidade, por todo o ciclo de vida do edifício. Visando isso, o IFC foi desenvolvido especificamente como um meio de troca de dados, baseado em um modelo, entre aplicativos da indústria da AEC/ FM (KHEMLANI, 2004).

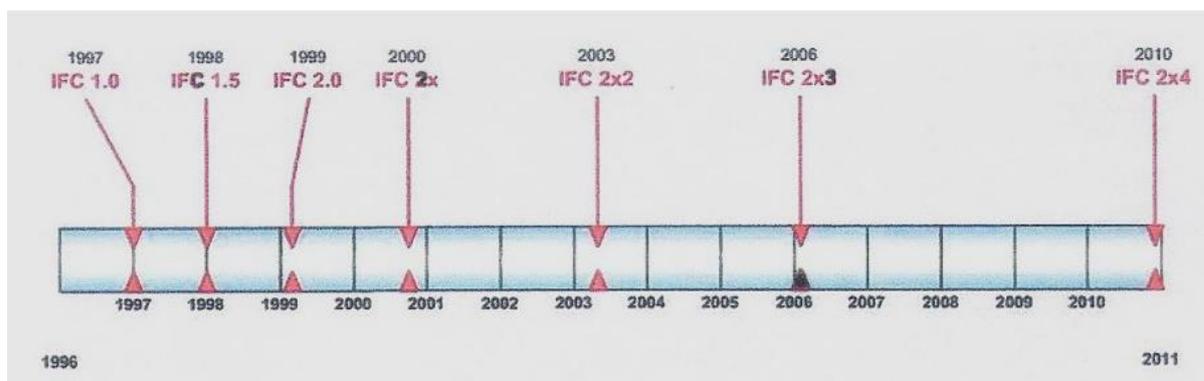


Figura 10: Histórico de versões do formato IFC.
Fonte: (IAI, 2008).

O IFC tem suas bases no padrão internacional conhecido como STEP (*Standard for Exchange of Product Model Data*). Este último surge em 1984, a partir de um esforço do *International Standard Organization* (ISO) em criar um padrão internacional de troca, o ISO-STEP. Este tinha como objetivo criar um padrão para representação e troca de informações de produto que seja internacional e de uso geral. O ISO-STEP tinha como principal produto a linguagem EXPRESS. O IFC se baseia na linguagem e nos conceitos da ISO-STEP EXPRESS para o desenvolvimento e a definição dos modelos (KHEMLANI, 2004).

O IFC foi projetado pensando em atender a todas as informações do edifício, durante todo o ciclo de vida da edificação. Entre as diferentes versões do IFC cabe citar: IFC 1.5.1; IFC 2x (2000); IFC 2x-add1 (2001); IFC 2x2-add1 (2004); IFC2x3 (2006); IFC2x3-TC1

(2007); IFC2x4 *alpha* (2008); IFC2x4 *beta1* e *beta 2* (2009). O modelo do IFC2x3 (G) já agrega entidades que contém sistemas de informações geográficas (*Geographic Information System – GIS*).

O IFC é um formato não proprietário, de arquitetura aberta, uma linguagem comum, utilizada para a troca entre modelos de diversos fabricantes, levou 10 anos para estabelecer os padrões IFC, e o desenvolvimento da indústria foi fator primordial para seu sucesso. Atualmente, o *buildingSMART International* possui 14 alianças regionais, também conhecidas como capítulos, cada uma representando um país ou conjunto de países, chegando hoje a mais de 20 países. Essas alianças regionais são formadas por membros que podem ser indivíduos (arquiteto, engenheiro, empreiteiro, etc.), fabricantes de produtos para a construção, fornecedor de software, órgão governamental, associações ou órgãos representantes de áreas técnicas, instituição científica, todos em torno do objetivo principal de definir, por meio do conhecimento coletivo, uma linguagem comum (IFC) para melhorar a interoperabilidade na indústria da construção civil.

Esforços são realizados pela IAI – *International Alliance for Interoperability*, entidade americana de pesquisadores, no sentido de unir o desenho a informações textuais, através de um modelo de distribuição de dados que descrevem as especificações dos objetos da construção e os conceitos abstratos (ex.: espaços, organização, etc.), dando suporte a estrutura de dados de sistemas de modelo orientado ao objeto. O modelo IAI representa uma coleção de classes designada pelo termo *Industry Foundation Classes* (IFC). Os arquivos IFC se utilizam da linguagem XML – *Extended Markup Language*, que é uma linguagem padronizada, que tem o propósito fundamental a descrição de informações, sendo extremamente importante para o armazenamento, recuperação e transmissão destas através da Web (JACOSKI, 2003). Com isto o modelo pode ser utilizado como referência para estudos de outras especialidades como viabilidade econômica, construtibilidade, etc.

A *buildingSMART* é uma instituição sem fins lucrativos, que tem por objetivo promover a interoperabilidade entre softwares AEC e a cooperatividade entre os fabricantes dos diferentes pacotes de softwares (IBRAHIM *et al.*, 2004).

O *Industry Foundation Classes* (IFC) é a proposta da *buildingSMART* para os problemas de interoperabilidade, e se trata de um modelo de dados aberto para a indústria AEC. Seu objetivo é padronizar as classes dos sistemas orientados por objetos em um modelo aberto de forma que vários aplicativos possam utilizá-lo para compartilhar dados (NASCIMENTO, 2004). Ao contrário de sistemas que trocam de informações baseadas em primitivos geométricos (.dxf .iges, .dwg, .opendwg), onde a interpretação da informação é

responsabilidade de profissionais, a troca de informações estruturada permite a “preservação do significado”, dentro das ferramentas de projeto. Isto é o que acontece com as ferramentas IFC (PAZLAR; TURK, 2008).

As principais empresas de software da geração BIM submeteram as suas aplicações ao processo de certificação gerido pela buildingSMART. Na figura 11 apresenta-se a lista divulgada de softwares certificados segundo o protocolo IFC2x3 (IAI, 2008). Pode verificar-se que a maior parte dos softwares referidos estão habilitados a criarem, com algumas exceções, e a editarem modelos em formato IFC.

<i>Software</i>	<i>Versão</i>	<i>Empresa</i>	<i>1º Passo</i>	<i>2º Passo</i>	<i>Comentário</i>
Allplan	2006.2, 2008	Nemetschek	Jun 06	Mar 07	
ArchiCAD	11	Graphisoft / Nemetschek	Jun 06	Mar 07	
Bentley Architecture	8.9.3	Bentley	Jun 06	Mar 07	
Revit Architecture	6.4	Autodesk	Jun 06	Mar 07	
TEKLA Structures	13.0	TEKLA	Jun 06	Mar 07	Sem 2D
Active3D	v4.0	Archimen	Jun 06	Mar 07	Apenas importação
Solibri Model Checker		Solibri	Jun 06	Mar 07	Apenas importação, sem 2D
AutoCAD Architecture	2008	Autodesk	Nov 07	Mar 07	
House Partner	6.4	DDS	Mar 07	Mar 07	
MagiCAD		Progman	Mar 07	Mai 07	
Facility Online		Vizelia	Mai 07	Mar 07	
SCIA-ESAPT		SCIA / Nemetschek	Mai 07		
VectorWorks		Nemetschek NA	Mai 07		
IFC3DX		NorConsult	Mai 07		Apenas importação

Figura 11: Softwares certificados segundo o protocolo IFC2x3.

Fonte: (IAI, 2008).

Enquanto os *Process Models* definem o fluxo de informações, os *Exchange Requirements* definem quais informações precisam ser trocadas em cada fase do projeto. Muitas vezes a informação fornecida em cada fase é essencialmente a mesma, variando a quantidade de detalhes e precisão (BuildingSMART, 2010).

As *Functional Parts* definem que informações deve conter cada parte do projeto a ser transferida. Por exemplo, que informações uma viga deve trazer do sistema de origem para o IFC. Algumas são consideradas opcionais, enquanto outras, obrigatórias. Outros documentos também importantes são os *Functional Requirements* e os *User Requirements* (BuildingSMART, 2010).

Os *Functional Requirements* definem as qualidades e os comportamentos que sistemas devem apresentar para possibilitar a geração da geometria e a manipulação de outras informações. Eles são formalmente expressos na forma de esquemas de objetos, que incluem relações, atributos e métodos. No estudo de interoperabilidade de sistemas, também é

necessário estudar os *User Requirements*, que são descrições de várias atividades de engenharia, de gerenciamento e de construção promovidas por todos os atuantes no processo, as informações de que necessitam e as saídas que esperam (BARAK *et al.*, 2009).

Segundo Pazlar e Turk (2008), a especificação do IFC desenvolvida pela BuildingSMART iniciou-se da ideia de representar toda a informação do ciclo de vida do edifício. Porém, o IFC ainda não cobre completamente todos os elementos construtivos devido a complexidades da indústria da construção civil, sendo elas:

- ✓ fragmentação da indústria, produtos únicos, o nível de detalhamento dos sistemas BIM não é o adequado para todos os participantes da indústria, mentalidade tradicionalista e necessidade cada vez maior de informações;

- ✓ na certificação IFC promovida pela BuildingSMART existe uma certa concessão entre o nível de exatidão e os custos de testes de interoperabilidade. Logo, o usuário não pode confiar inteiramente no processo de mapeamento e deve conferir os resultados manualmente;

- ✓ os elementos arquitetônicos foram os primeiros a serem incluídos nas especificações IFC, logo este é o domínio mais completo e preciso do mesmo.

Em experimentos de interoperabilidade envolvendo modeladores BIM e arquivos IFC realizados por Pazlar e Turk (2008) perceberam-se algumas falhas, em especial: distorção da geometria, acessórios de partes não presentes, conexões incorretas, mudança de forma do objeto, mudança de cor dos elementos, mudança de material (ou não preservação do original), mudança de posição e formas de objetos. As entidades IFC podem ser identificadas como únicas durante todo o ciclo de vida com o *Genuine Unique Identifier* (GUID). Apesar de os GUIDs deverem permanecer únicos durante as trocas de arquivos entre os sistemas, os mesmos nem sempre preservam as suas informações (PAZLAR; TURK, 2008).

4.2. Interoperacionalidade nos softwares Autodesk

A empresa Autodesk desde 1982 desenvolve as tecnologias 2D e 3D, que possibilitam aos usuários ver, simular e analisar o desempenho de suas ideias sob condições realistas mais cedo no processo de projeto. Para a modelagem da Informação da construção, a Autodesk disponibiliza o software Revit, (em 2002 a empresa comprou o Revit da “*Revit Technology Corporation*”, lançando em 2004 a sua primeira versão Autodesk Revit), que a partir do ano

de 2011 integrou em apenas um software, suporte para projeto arquitetônico, estrutural, e de instalações (elétrico, hidráulico e HVAC). No site da Autodesk encontramos uma breve descrição do software:

[...] desenvolvido especificamente para a Modelagem de Informação da Construção (BIM), possibilitando que os profissionais de projeto e construção levem suas ideias da concepção até a elaboração, com uma abordagem por modelos coordenada e consistente (AUTODESK, 2013).

A empresa Autodesk, também comercializa uma ferramenta informática Buzzsaw que permite a sincronização em rede e através da *Internet* de toda a informação relacionada com um projeto, sem a interrupção do trabalho. O mesmo software permite a centralização de modelos para futura análise e a gestão de permissões, relativamente ao acesso ou edição dos ficheiros (Autodesk, 2013). Também é possível encontrar na *Internet* uma quantidade significativa de objetos para a utilização no Revit. Estes objetos constituem ficheiros de extensão RFA, que podem ser geridos e arquivados normalmente através da estrutura de ficheiros do sistema operativo ou através de bibliotecas centralizadas ou sincronizadas. Seguidamente apresenta-se uma lista de endereços da *Internet* de onde podem ser encontrados objetos para a biblioteca do Revit:

- <http://www.revitobjects.com>
- <http://www.revitcity.com>
- <http://www.arcad.com>
- <http://smartbim.reedconstructiondata.com>
- <http://seek.autodesk.com/>

Uma parte dos objetos disponibilizados tem já agregada informação complementar e é acompanhada por fichas técnicas do produto em ficheiros externos de formato DOC ou PDF, fornecida pelos fabricantes. Contudo, muitos dos objetos são também desenvolvidos por utilizadores e disponibilizados livremente, não contendo praticamente informação para além da geometria do mesmo. O Revit Architecture permite a criação de origem ou a edição dos objetos inteligentes já existentes, a utilizar no modelo do empreendimento. A cada tipo de objeto, a que se designa “família”, podem ser associados os parâmetros de dados que se pretenderem (ver Figura 12).

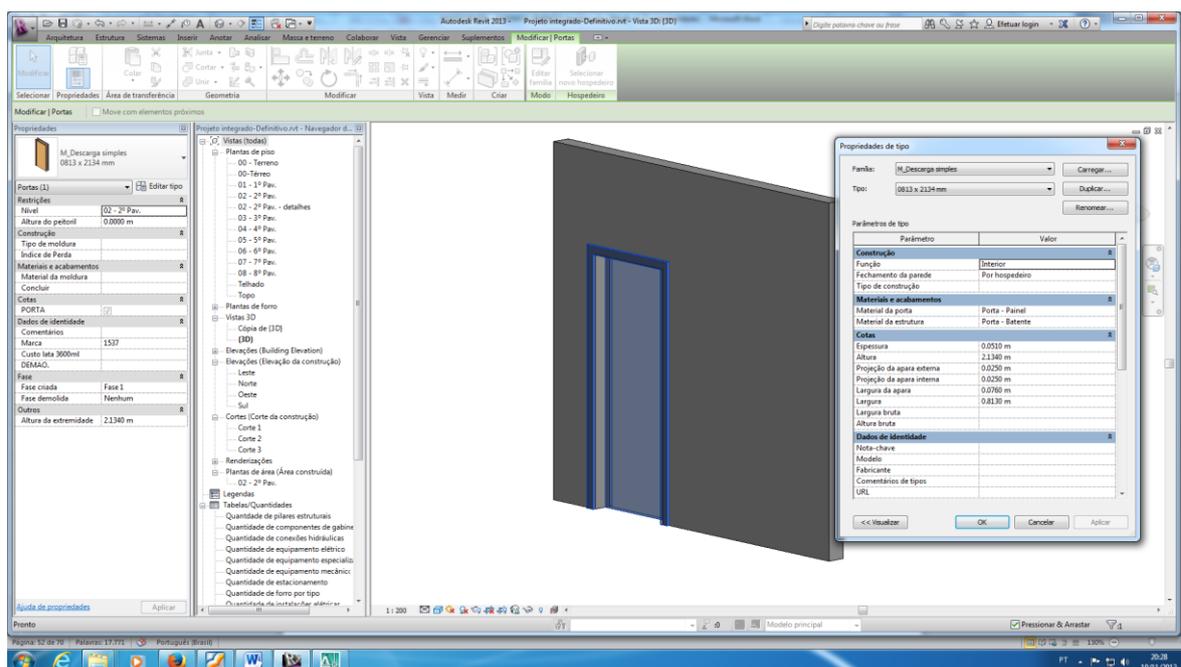


Figura 12: Revit Architecture 2013 – Vista do modo de edição da família do objeto.
Fonte: Autoria própria.

Assim, está aberta a possibilidade para, de uma forma semelhante ao IFD, poder ser definido e agregado ao objeto um conjunto parâmetros de informação necessários para a sua caracterização, quando utilizado em projeto. Já existem componentes desenvolvidas e comercializadas com a função que permite fazer a gestão das propriedades agregadas aos objetos, como são os exemplos do RvtMgdDbg e do RevitLookup. Estas extensões utilizam *drivers* que permitem a comunicação com bases de dados em formato MDB ou ODBC. Dado que o software possui a componente de programação, também é possível a utilizadores-programadores desenvolverem as suas ferramentas de interoperacionalidade dentro deste conceito.

4.3. Interoperacionalidade nos softwares Graphisoft

No caso da empresa Graphisoft, a versão do ArchiCAD 13 possui integrado uma ferramenta de partilha de ficheiros em rede e através da *Internet*. O modelo de partilha é semelhante ao do Revit, sendo constituído por um servidor centralizado que sincroniza os modelos e gere as permissões de acesso. Pode, igualmente, encontrar-se na *Internet* uma quantidade significativa de objetos para utilização na modelação, identificando-se igualmente aqueles que são disponibilizados por fornecedores de produtos de construção e outros

disponibilizados livremente por utilizadores. Estes objetos são disponibilizados em ficheiros de formato GSM e podem, também, ser geridos através da estrutura de ficheiros do sistema operativo ou através de bibliotecas centralizadas ou sincronizadas.

Seguidamente, apresenta-se uma lista não exaustiva de endereços da *Internet* onde podem ser obtidos os referidos objetos:

- http://archicad-talk.graphisoft.com/object_depository.php
- <http://www.archicadwiki.com/LinkCollection/GDL%20Object%20Downloads>

A Graphisoft disponibiliza, igualmente, a componente que permite criar ou editar os objetos inteligentes. A adição de novos parâmetros de dados é também deste modo possível.

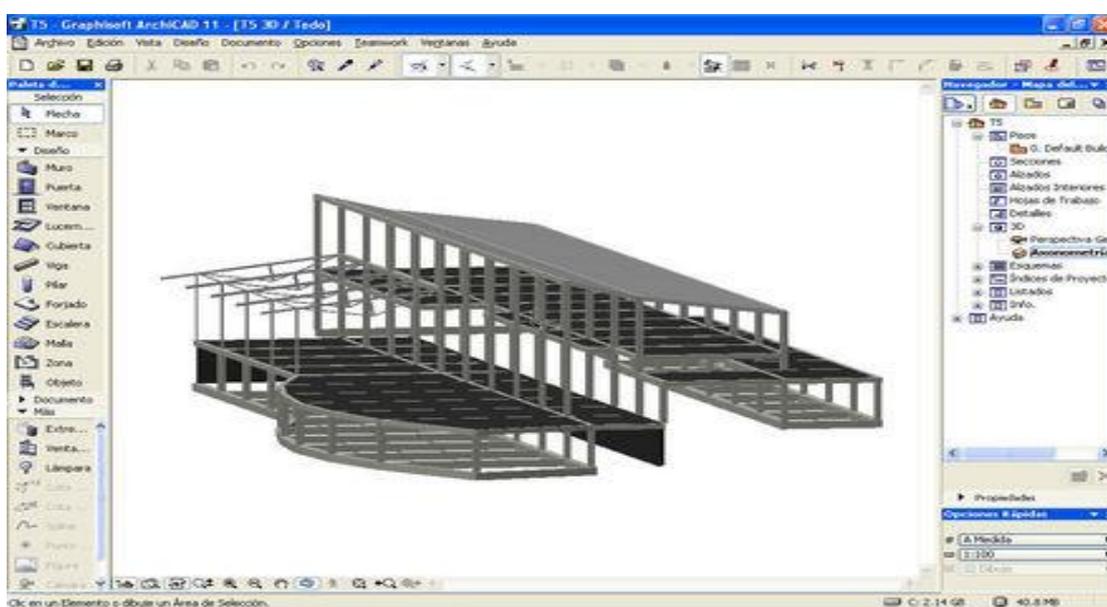


Figura 13: Archicad 13 – Vista do modo de edição do objeto.
Fonte: Autoria própria.

5. COMPATIBILIZAÇÃO

De acordo com o SEBRAE (1995), compatibilização define-se como uma atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando ao perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinada obra.

Segundo Picchi (1993), a compatibilização de projetos compreende a atividade de sobrepor os vários projetos e identificar as interferências, bem como programar reuniões, entre os diversos projetistas e a coordenação, com o objetivo de resolver interferências que tenham sido detectadas.

Já Novaes (1998) enfatiza que 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.

Segundo Melhado (2005), a compatibilização de projetos é a atividade que integra todos os projetos de uma edificação objetivando o ajuste perfeito entre estes, para a obtenção de padrões de controle de qualidade total da obra. Na compatibilização, é feita a sobreposição de projetos de disciplinas diferentes, com o objetivo de verificar possíveis interferências e conflitos, para que sejam então solucionados. Também afirma que a compatibilização deve ser feita depois dos projetos já concebidos, uma espécie de “pente fino”, onde possíveis erros possam ser detectados.

O processo de compatibilização tende evitar o desperdício de recursos como materiais, tempo e mão de obra, visando à redução de falhas desde o estudo preliminar até a fase de execução da obra, além de detecção de inconsistências geométricas e interferências entre as diferentes disciplinas de projeto (CALLEGARI; BARTH, 2007).

Atualmente, para a atividade de compatibilização, apesar dos avanços tecnológicos em sistemas CAD tridimensionais, os profissionais da área da construção ainda se utilizam da experiência na leitura de folhas bidimensionais sobrepostas, ou de layers (camadas) sobrepostos dentro de um sistema computacional de desenho. Como as diferentes disciplinas de projeto utilizam simbologias e representações diferentes, o que ocorre até mesmo dentro do mesmo projeto, existe algumas limitações da própria representação em duas dimensões, o que pode impedir que o projeto seja visualizado como um todo.

Para Fabrício (2004), ao longo do processo de projeto, vários projetistas, consultores e agentes do empreendimento são mobilizados para contribuir no projeto. Cada agente participa com os seus interesses e conhecimentos de forma a desenvolver uma parte das decisões e formulações projetuais. Ainda, afirma que, no processo de projetos verificam-se diferentes interfaces entre os principais envolvidos, e diferentes compatibilizações são necessárias para garantir a coesão entre as determinações e os projetos.

Assim a compatibilização de projetos pode ser apontada como uma atividade de gerenciamento, onde acontece a uniformidade das especialidades, e tem como fundamento a verificação de possíveis intervenções entre os diversos projetos, de forma coordenada, apontando, propondo adequações indispensáveis, em diferentes fases da preparação do projeto, se tornando uma atividade própria do mesmo, objetivando a simplificação da execução, antecipando eventuais problemas e tornando mínimos os conflitos e retrabalhos durante a obra.

5.1. Compatibilização de projetos

É a partir do projeto arquitetônico que o processo de compatibilização se inicia, de preferência na etapa de estudo preliminar, onde ainda é maior a possibilidade e flexibilidade de um desenvolvimento compatibilizado com os projetos complementares. Quanto mais os projetos avançam, maior é o trabalho para essa compatibilização.

Callegari (2007) afirma que durante a elaboração dos projetos, a compatibilização permite a retroalimentação das etapas, corrigindo e propondo novas soluções com o aumento da eficácia. Desta maneira, a elaboração de futuros projetos terá uma redução de incertezas construtivas. A análise das incompatibilidades entre os projetos possibilita a melhoria da qualidade do processo de projetos, através da sua adequação e eficácia, onde importantes ações corretivas são tomadas para o aperfeiçoamento e a melhoria contínua dos sistemas projetuais e construtivo.

Para Rodríguez e Heineck (2001), a compatibilização deve acontecer em cada uma das seguintes etapas do projeto: estudos preliminares, anteprojeto, projetos legais e projeto executivo, indo de uma integração geral das soluções até as verificações de interferências geométricas das mesmas. Eles indicam que a compatibilização fica facilitada na medida em que ela é iniciada a partir dos estudos preliminares.

Segundo Melhado (2005), a falta ou adiamento de decisões, especialmente nas etapas iniciais da fase de projeto potencializa uma grande quantidade de erros e retrabalho para todos os agentes envolvidos, e constitui uma fonte significativa de desperdício, com reflexos negativos sobre a qualidade do produto final. Ainda, afirma que existe uma preocupação em contratar todos os projetistas, ou ao menos consultá-los, na etapa de concepção inicial do empreendimento, a fim de evitar problemas futuros de incompatibilidade.

Pressupõe-se que o projeto faz parte de um sistema integrado de agentes, em uma cadeia produtiva, complexa que abrange todas essas forças, que muitas vezes são contrárias. Porém, para que a compatibilização aconteça, é necessário que os profissionais consigam quebrar o paradigma do processo de projeto tradicional renascentista.

Compatibilização manual: é a verificação visual das plantas do projeto de arquitetura, estrutural e todos os outros projetos complementares; deve-se compatibilizar a partir de documentação legal entre si; verificar a qualidade gráfica dos desenhos. Os *checklists* fazem parte do sistema e são os relatórios de verificação utilizados pela coordenação, os relatórios de verificação de projetos, são os documentos enviados pelos projetistas.

Cada especialidade de projeto tem um *checklist* específico que deve ser atualizado constantemente: cada nova fase de projetos, o modelo deve ser aprimorado. A divulgação do *checklist*, para o contratado, ainda na fase de desenvolvimento do projeto, contribuirá para a correta apresentação das informações.

A compatibilização de projetos pode ser realizada através da adoção de métodos diversos, que se diferenciam de acordo com os recursos de tecnologia da informação disponíveis e processo adotado. A verificação visual de interferências entre os projetos de diversas disciplinas pode ser realizada através da comparação entre projetos impressos. Para tal, adota-se a conferência através das cotas existentes ou realiza-se a sobreposição através de papéis semitransparentes como o papel vegetal ou papel manteiga.

MIKALDO (2006, p.96) apresenta estudo envolvendo a compatibilização através da sobreposição de projetos 2D realizado em softwares de CAD para identificar interferências físicas (Figura 14). A sobreposição de projetos bidimensionais em CAD envolve a identificação manual das interferências entre os projetos de disciplinas complementares.

A adoção de sistemas de verificação de interferência em modelos tridimensionais foi pesquisada por Mikaldo (2006) através da adoção do software SAI (Sistema de Análise de Interferências) em desenvolvimento pela empresa AltoQi. A compatibilização utilizando-se sistemas 3D permite a verificação de interferências entre diversas disciplinas simultaneamente e identificação automática das interferências físicas.

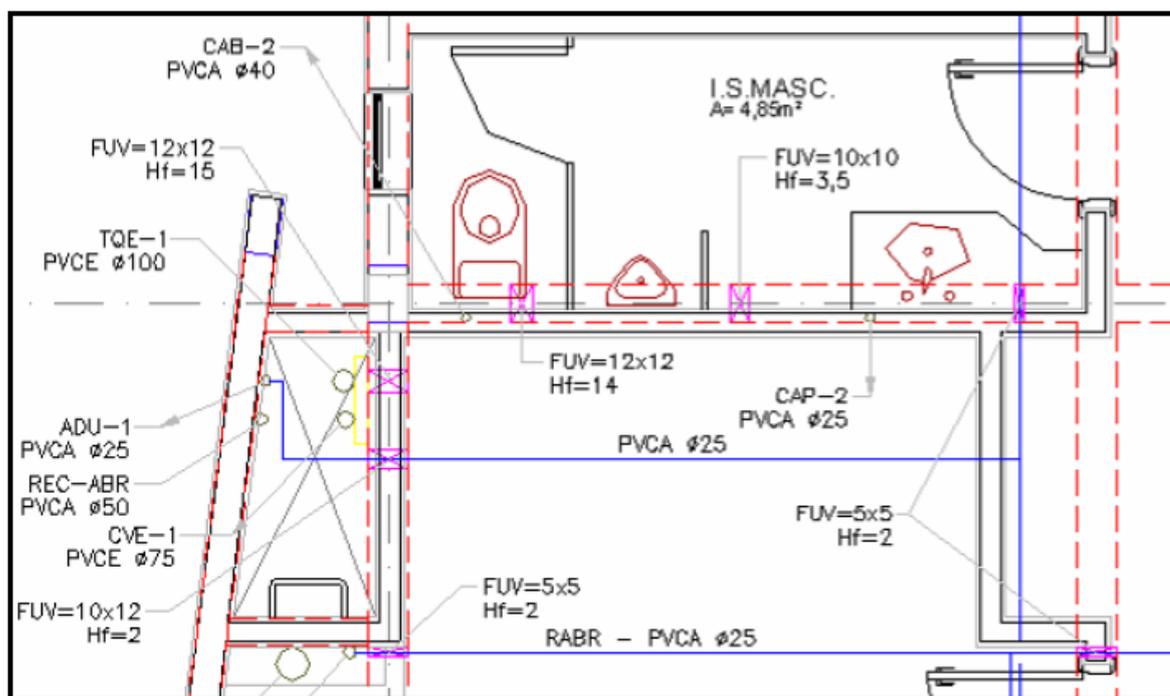


Figura 14: Integração do Projeto Estrutural e Hidrossanitário.
Fonte: (Mikaldo Jr, 2006, p.96).

Para se utilizar os sistemas CAD (2D e 3D) na verificação de interferências os projetos desenvolvidos devem ser elaborados por softwares que permitam importação e exportação em arquivos de dados intercambiáveis e os projetos devem ser compatíveis do ponto de vista dimensional através da padronização da unidade de trabalho adotada e atender a requisitos de organização padronizada de camadas (*layers*).

Associações profissionais, tais como a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA – AsBEA – (2000) e THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (1997) dentre outras, elaboraram modelos de padronização para facilitar a interoperabilidade entre os projetos das diversas disciplinas. Cabe à coordenação de projetos a determinação dos padrões a serem adotados, bem como a escolha do método a ser adotado para compatibilização, de acordo com os recursos disponíveis.

Mesmo com o avanço tecnológico e do processo de produção apresentados pela construção civil nos últimos anos, ainda é comum a falta de integração entre os projetos durante o seu desenvolvimento, como afirma Tavares Júnior. et. al. (2003):

Ainda é prática comum em empresas de pequeno porte o desenvolvimento de projetos sem a utilização da compatibilização das disciplinas do projeto, gerando em consequência vários fatores negativos, tais como: má qualidade da edificação, maior índice de retrabalhos, alongamento do prazo de execução, acréscimo no custo da obra.

5.2. Importância da compatibilização de projetos

A FINEP financiou um trabalho que contou com a participação de quinze universidades brasileiras, fizeram uma análise de desperdícios nos canteiros de obras e constatou que uma das maiores causas é a falta de compatibilização entre os projetos (FINEP e ITQC, 1998). O gráfico a seguir mostra as principais patologias da construção civil e suas causas:

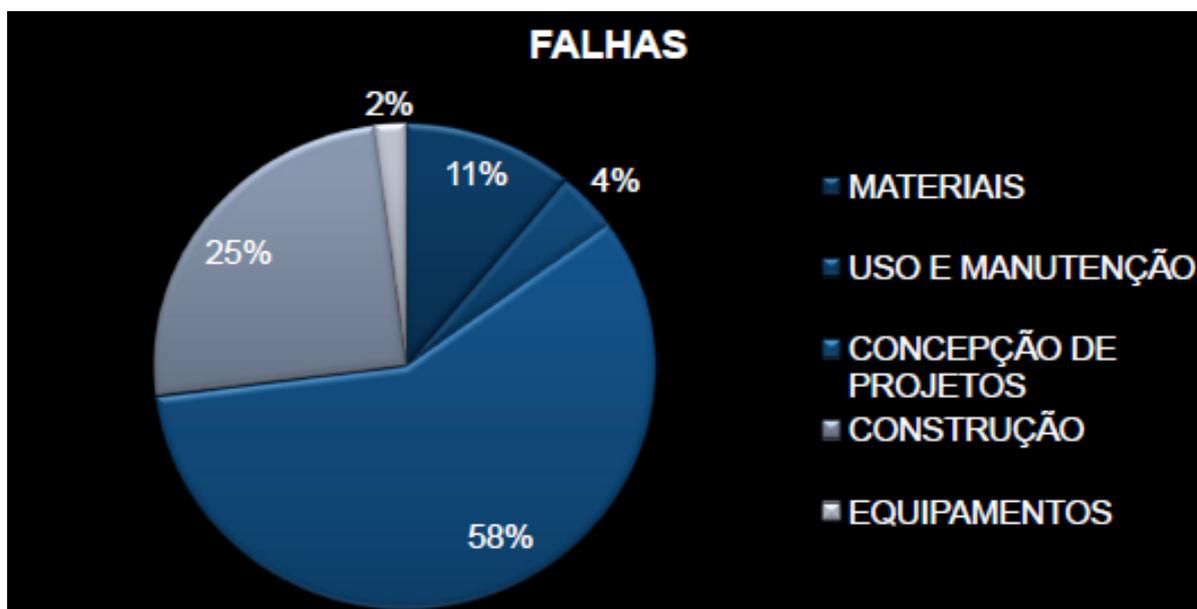


Figura 15: Causas das falhas na construção civil.

Fonte: Pesquisa da EPUSP em São Paulo (MACIEL; MELHADO. 1995).

Com o gráfico percebe-se a grande importância da fase de concepção dos projetos de um empreendimento, pois 58% das falhas são causadas por erros de projetos e pela falta de compatibilização entre eles. Essas falhas geram uma má qualidade da edificação, maior índice de retrabalhos, alongamento do prazo de execução, acréscimo no custo da obra, dentre outros fatores negativos para o empreendimento.

Graziano (2003) relata que por volta dos anos 60 devido ao aumento de demanda na construção civil profissionais que trabalhavam juntos começaram a criar escritórios técnicos especializados em: arquitetura, estrutura e instalações; que no início funcionou, pois estes vinham de contato direto com a prática da construção e sabiam as necessidades ligadas a construtibilidade e demais especialidades envolvidas no projeto.

Com o passar do tempo houve um distanciamento entre projetistas e construtores/projetistas e execução de seus projetos, ou seja, quebrou-se o elo entre os participantes promovendo alto índice de desperdício.

Nos anos oitenta algumas empresas e outros perceberam a necessidade de compatibilizar os projetos, então apareceram os coordenadores e/ou equipes internas ou externas que aumentaram os custos das construtoras e projetistas.

Também a especialização de profissionais em determinadas disciplinas onde o conhecimento se torna mais profundo e específico, promoveram a fragmentação do processo e perdeu-se a capacidade de análise e intervenção com as demais áreas construtivas do trabalho.

Segundo Okamoto (2006): a forma [...] seqüencial de elaboração de projetos traz como conseqüência retrabalhos e desperdícios, alto custo da produção e baixa qualidade dos produtos finais.

O resultado desta falta de comunicação entre os profissionais acarreta prejuízos financeiros para os construtores, baixa qualidade para usuários, além de alto custo de manutenção para proprietários devido a patologias.

Na fase de projetos, erros podem ocorrer por: falha de dimensionamento; falta de especificações; falha de comunicações entre os projetistas; falta de compatibilização com os diversos subsistemas da edificação; falta de detalhes, gerando interpretações dúbias pelos executores (MARTINS; HERNANDES; AMORIM, 2003).

Segundo Amorim (1997), o processo de projeto é responsável, aproximadamente, por 40% das patologias encontradas nas edificações. Tratando-se dos sistemas hidráulicos prediais, por exemplo, percebe-se uma alta incidência de problemas devido ao elevado grau de interface das instalações por todo o período da execução, iniciando com as esperas deixadas na estrutura para a posterior instalação das tubulações e, terminando na fase de acabamento da obra com a instalação de louças e metais.

Segundo Castro (1999), um dos problemas mais corriqueiros entre as diversas manifestações patológicas em edifícios estruturados em aço, é a interferência entre o projeto estrutural e os projetos das instalações. Esta interferência é causada pela incompatibilidade de projetos ou de mudanças no decorrer da construção, devido principalmente à falta de uma melhor coordenação entre os diversos sistemas construtivos envolvidos.

Mesmo com o avanço tecnológico, projetistas empregam paradigmas do período da Renascença. O projeto tradicional tem dificuldades próprias, o projetista transforma em representações gráficas uma gama de informações sobre um determinado problema. A decodificação gera um número absurdo de probabilidades a serem analisadas alienando o

profissional, que foca apenas o quebra-cabeças que está na sua frente e ignora as diferentes influências que fazem parte daquela realidade. Usando para desvendar essas dificuldades sua própria experiência e imaginação, deixando para depois cálculos e testes de avaliação de desempenho.

Além dos problemas estruturais que o desenho apresenta, outros fatores contribuem para a necessidade de uma revisão nos métodos projetuais. O mais forte deles é a constatação das patologias da construção devido à incompatibilização de projetos – Figura 16.

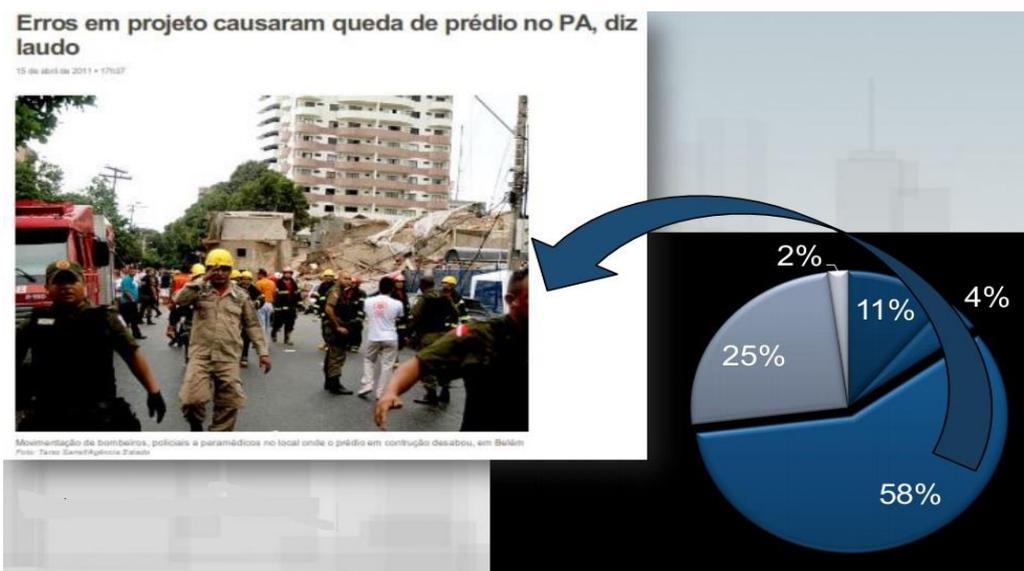


Figura 16: Falhas por erro em projeto.

Fonte: Adaptado de Notícias <www.terra.com.br>, 15 de Abril, 2011.

O gráfico a seguir – Figura 17 – mostra os avanços do empreendimento em relação à chance de reduzir custo de falhas no edifício:



Figura 17: Relação custo/tempo na possibilidade de modificações do projeto.

Fonte: Adaptado Hammarlund e Josephson (1992).

Percebe-se na figura 17 a importância de trabalhar as fases iniciais de estudo de viabilidade e a concepção dos projetos iniciais, pois nessa fase, se consegue uma grande melhoria no processo reduzindo erros de compatibilidade, falhas que seriam detectadas apenas na hora da execução, e conseqüentemente gerando redução de custos ao empreendimento.

As falhas de projeto por motivo de problemas de compatibilização são comuns. É comum encontrar erros referentes a incompatibilidades entre os projetos de estruturas e instalações, bem como entre os projetos de arquitetura e drenagem. Entre os erros mais comuns pode-se relacionar a incorreta localização dos furos de passagens nas lajes e a mudança no sentido dos pilares de um prédio. As maiorias dos projetos não são feitos com os detalhes necessários à sua execução. Como exemplo, tem-se a indefinição do posicionamento da tubulação de gás, que por muitas vezes, não se sabe se esta deverá ser executada por cima ou por baixo da manta de impermeabilização. Outro problema referente a falta de compatibilização entre os projeto de arquitetura e os de instalações hidro sanitárias é a falta de detalhamento dos *shafts*¹⁶, em relação, por exemplo, ao tipo de material que será utilizado como fechamento da área de visita de manutenção neste *shaft*, a altura dessa visita, etc. Apesar disso, os novos projetos estão sendo mais bem detalhados, ocasionando, por conseguinte, uma redução do número de consultas ao núcleo de projetos.

A imagem abaixo – Figura 18 – mostra a compatibilização de alguns projetos em 3D:

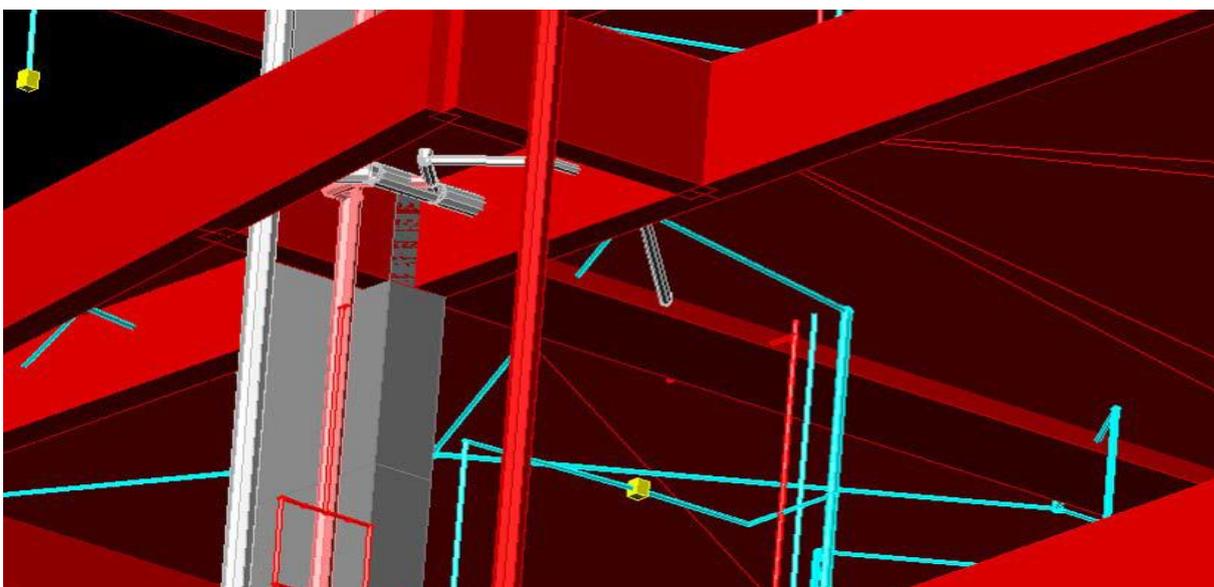


Figura 18: Integração de modelos 3D (estrutura x hidráulica x elétrica).
Fonte: Mikaldo (2006, p.121).

¹⁶ Palavra utilizada para identificar uma área específica em uma construção onde as vezes passa-se várias tubulações aparentes, água, elétrica, etc. Porém para não ficar esteticamente desagradável cria-se um compartimento ou um fechamento seja em gesso, madeira ou até em alvenaria para esconder essas tubulações esse compartimento é chamado de *Shaft*. Fonte: < <http://www.dicionarioinformal.com.br/shaft/> >

6. PESQUISA E ESTUDO DE CASO

O objetivo da pesquisa foi fazer uma análise das vantagens da compatibilização dos projetos, utilizando softwares que trabalhem a metodologia BIM, como uma alternativa aos métodos tradicionais de projetos bidimensionais. Para o estudo de caso foram elaborados os projetos, arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico de um edifício residencial multifamiliar, com o intuito de fazer a compatibilização destes ao longo de diferentes fases do projeto, para identificar possíveis interferências físicas, e produzir um relatório de compatibilização. Com base neste estudo fez-se uma análise comparativa, quantitativa e qualitativa entre os conflitos encontrados no modelo BIM e no método 2D tradicional.

6.1. Características da obra

O estudo de caso foi feito com o objetivo de demonstrar a elaboração dos projetos para um provável empreendimento residencial multifamiliar. O empreendimento em estudo teria como possível localização o condomínio Cidade Jardim, no bairro Dario Grossi, em Caratinga, MG. O terreno onde foi feito o estudo para elaboração dos projetos tem uma leve declividade, e uma vista panorâmica da cidade de Caratinga junto à BR 116 – Figura 19 – importante rodovia brasileira que liga desde o estado do Ceará no nordeste até o Rio Grande do Sul, no sul do país passando por 10 estados.



Figura 19: Localização do empreendimento.

Fonte: Adaptado <www.maps.google.com.br>.

O projeto é de um prédio em alvenaria e concreto armado, constituído de nove pavimentos, sendo o térreo e o primeiro pavimento de garagens e do segundo até o nono de apartamentos tipo. Nos pavimentos de apartamentos tipo temos 8 apartamentos por laje, o que totaliza 56 apartamentos. Possui área total construída de 7.707,72m², e uma portaria com guarita de 20,44m².

6.2. Método de pesquisa

Para o desenvolvimento do estudo de caso, foram elaborados os projetos do empreendimento, pelos próprios autores da monografia, sem fins lucrativos, com objetivo específico de desenvolver o presente trabalho a ser apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em engenharia civil.

A metodologia para verificação de compatibilidades de projetos consiste na inserção de todos os sistemas que compõe a construção dentro de um único arquivo. Sendo assim depois de finalizados os projetos complementares, elaborados separadamente com diferentes softwares, voltamos com eles para o software de modelagem BIM para serem compatibilizados num modelo único.

Para elaboração desta pesquisa seguimos o fluxograma abaixo – Figura 20 – a fim de facilitar o processo de compatibilização utilizando o sistema BIM. O fluxograma orientou para que fosse feita de forma correta e sequencial os lançamentos e as análises dos projetos para obtermos um resultado satisfatório.

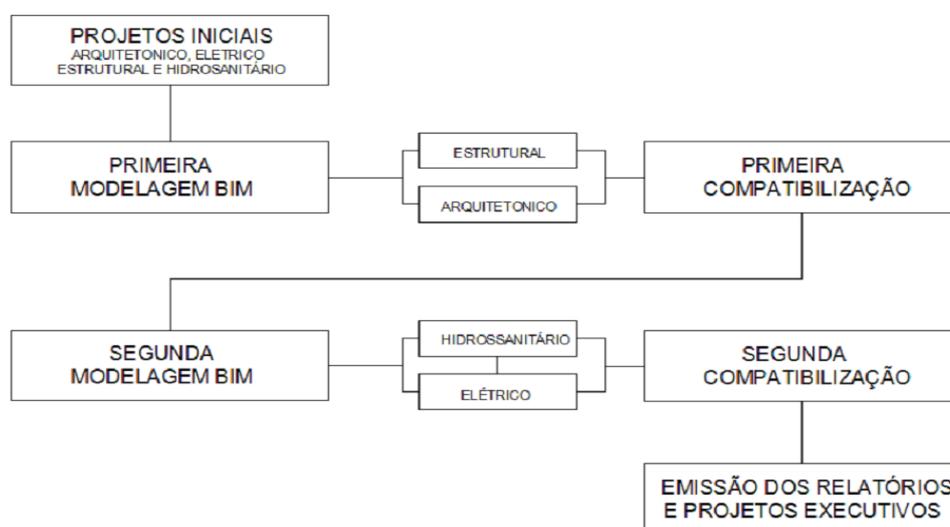


Figura 20: Fluxograma metodológico.
Fonte: Autoria Própria.

O ponto de partida foi a elaboração de um anteprojeto, para analisar a viabilidade do empreendimento. Esta fase envolveu a geração do plano básico da edificação, sua volumetria e aparência geral, a determinação da implantação do edifício, e como seria o impacto deste empreendimento ao local.

Partiu-se dos projetos iniciais e modelaram-se os projetos arquitetônico (Revit Architecture) e estrutural (CypeCad). Esses projetos foram inseridos em um único arquivo no Revit Architecture e feito assim a primeira compatibilização. O projeto arquitetônico serviu de base para o lançamento dos projetos hidrossanitário (Hydros da AltoQi) e elétrico (Lumine da ALtoQI), que foram exportados para o software Revit, e feita a segunda compatibilização e emissão de relatórios e detalhes, finalizando assim o estudo.

6.3. Modelagem dos projetos

Todos os softwares utilizados para o desenvolvimento deste projeto são versões acadêmicas ou versões originais.

Os softwares utilizados no desenvolvimento do trabalho são os seguintes:

- Autodesk AutoCad 2007 (Formatação dos projetos iniciais, desenhos auxiliares e finalização dos projetos) – Versão Acadêmica;
- Autodesk Revit 2013, versão acadêmica, que integra as disciplinas:
 1. Architecture (Arquitetura BIM e Projeto Executivo de Arquitetura);
 2. MEP (Instalações elétricas BIM e hidrossanitárias BIM);
 3. Structure (Estruturas de concreto, modelagem no sistema BIM);
- CypeCad 2012 (Estruturas de concreto, dimensionamento e exportação para o sistema BIM e projeto executivo de estrutura) – Versão Original;
- AltoQI Lumine (Projeto e detalhamento executivo de Elétrica) – Versão Original;
- AltoQI Hydros (Projeto e detalhamento executivo de Hidráulica) – Versão Original;

O pré-projeto, onde foram feitos os estudos de viabilidade, foi elaborado dentro do software *Revit* da Autodesk, que dá suporte aos estudos de massas conceituais que facilitam a visualização dos impactos da implantação do edifício no local escolhido – Figura 21.

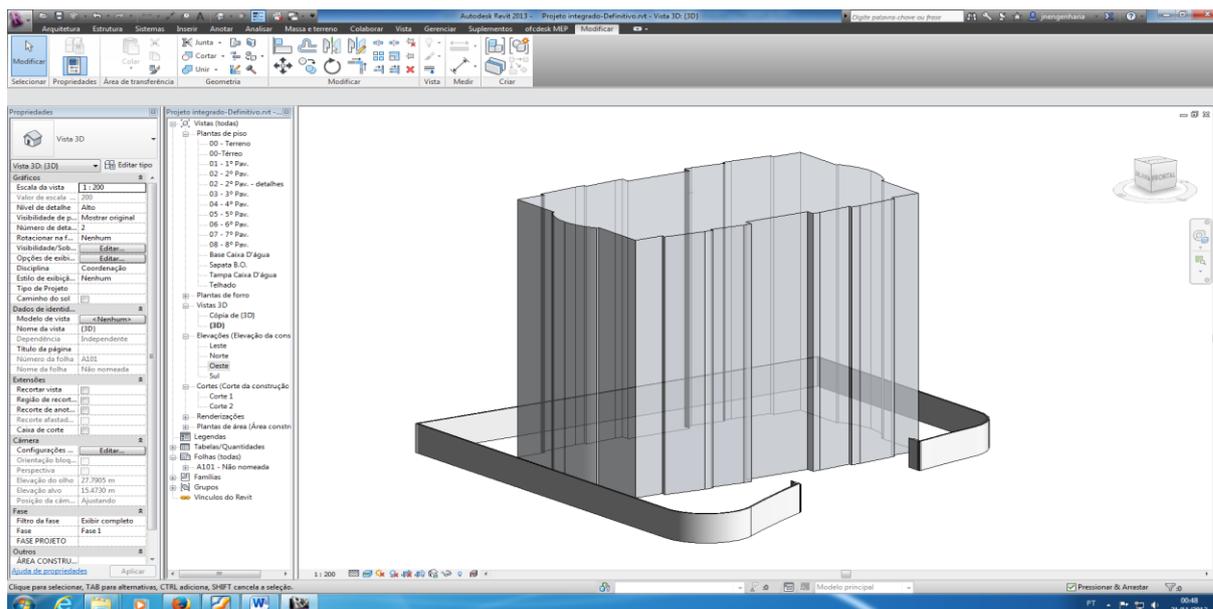


Figura 21: Estudo de massas software Revit.

Fonte: Autoria Própria.

Após a conclusão do anteprojeto e definido as características do edifício, partimos para elaboração do projeto arquitetônico, ainda dentro do software Revit. Por ser um software que trabalha na metodologia BIM, e permite uma visualização 3D inteligente do edifício, ele proporcionou ainda na fase de projeto, identificar interferências que só seriam descobertas quando fossem elaborados os projetos complementares, ou até mesmo na hora da execução do empreendimento, gerando desperdícios e atrasos.

Como exemplo destas interferências, podemos citar o posicionamento das esquadrias no projeto. Quando lançamos as portas e janelas num modelo 2D tradicional, não temos a visualização tridimensional desses elementos que muitas vezes geram erros pela má disposição de alturas e peitoris. Dentro do software Revit, definimos as alturas adequadas para padronizar, por exemplo, o alinhamento das janelas na fachada do edifício – Figura 22.

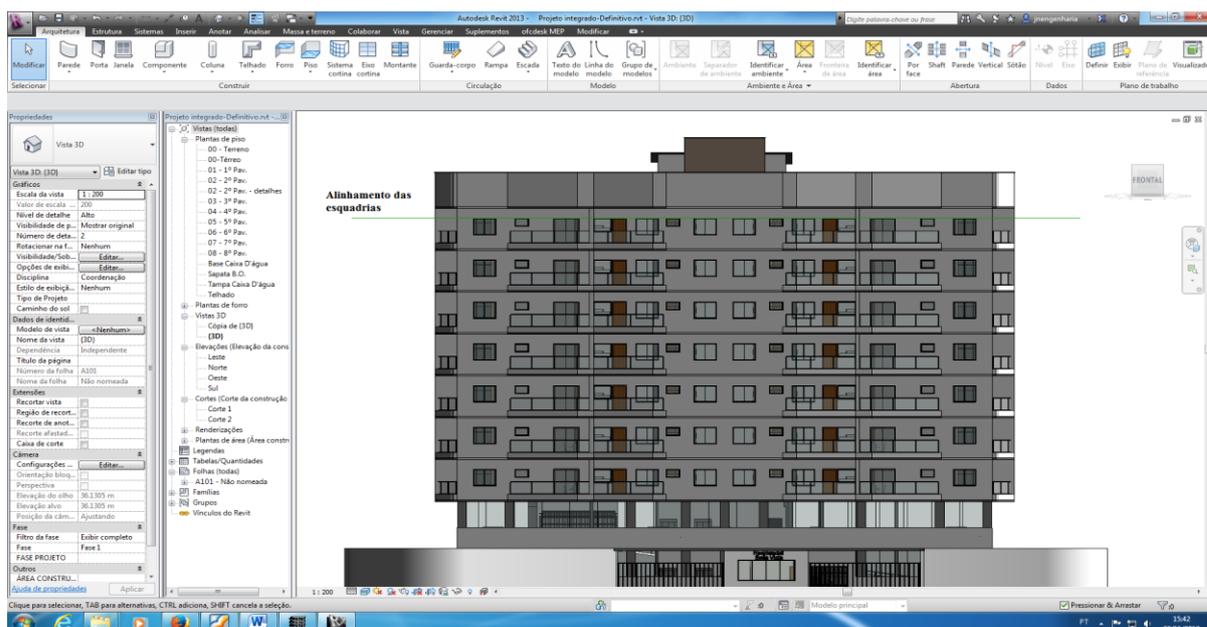


Figura 22: Alinhamento das esquadrias na fachada.

Fonte: Autoria Própria.

Depois de finalizado o projeto arquitetônico, usamos uma ferramenta de exportação dentro do software Revit (Figura 23), onde exportamos o projeto para o formato IFC que serviu de base para o projeto estrutural elaborado no software CypeCad.

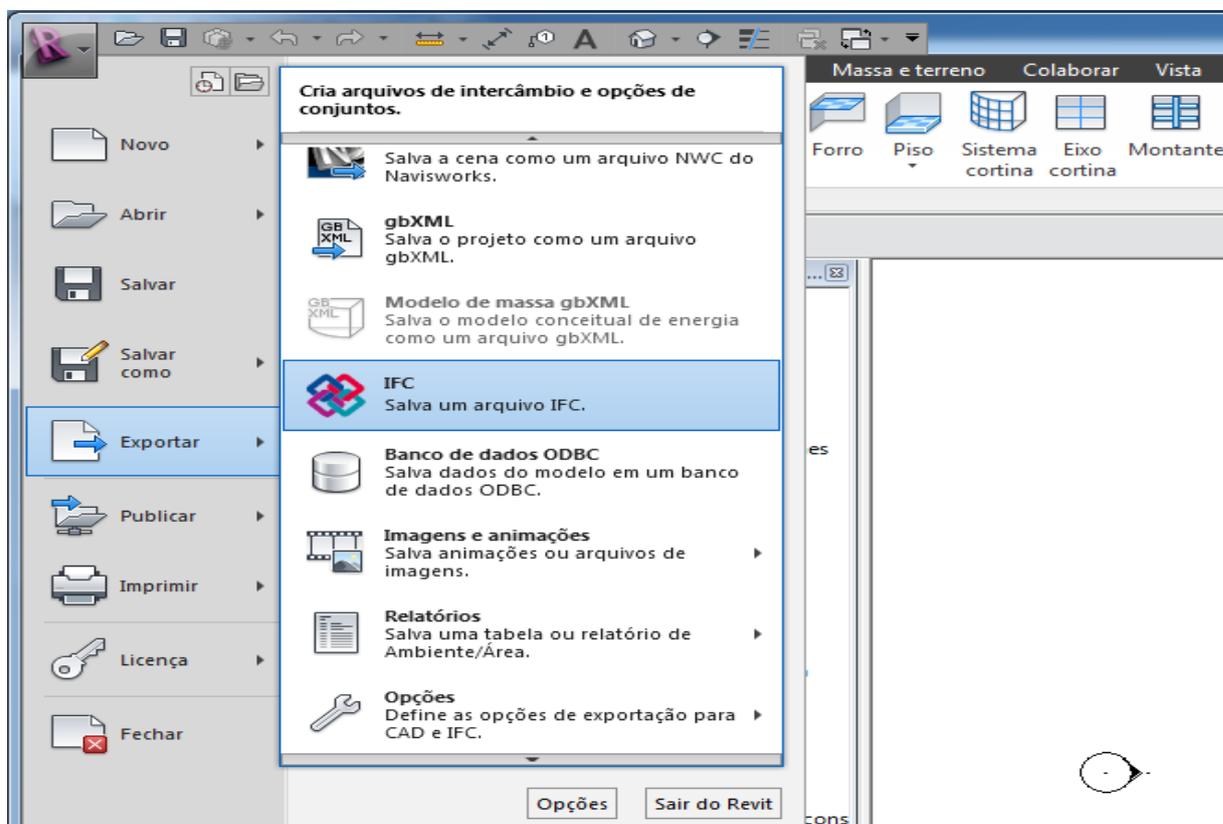


Figura 23: Comando de exportação em IFC do software Revit.

Fonte: Autoria Própria.

A escolha do Cypecad da empresa Cype Ingenieros S.A. se deu pelo fato de o software trabalhar a interoperabilidade BIM. A partir do ano de 2011 o Cypecad integrou à sua plataforma a opção de importar e exportar no formato IFC, o que possibilitou a integração e troca de informações entre os projetos arquitetônico e estrutural.

Para a elaboração do projeto estrutural fizemos um pré-lançamento dos pilares dentro do software Revit (figura 24), que permite visualizar a sobreposição dos pavimentos, e as possíveis interferências dos pilares na planta arquitetônica, principalmente com o pavimento de garagem onde temos que preocupar com a interferência nas vagas que podem ocorrer com o posicionamento dos pilares.

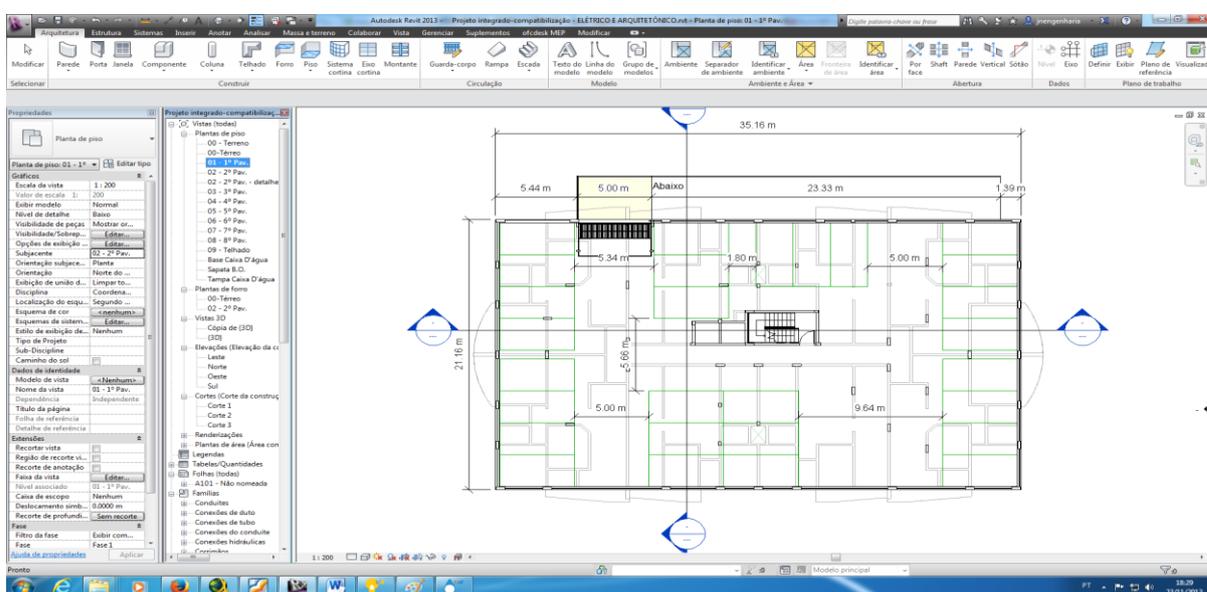


Figura 24: Lançamento preliminar da estrutura.

Fonte: Autoria Própria.

A figura 25 mostra o lançamento inicial do projeto estrutural dentro do Cypecad, feito a partir do arquivo IFC importado do programa Revit, que transfere informações referentes a níveis das lajes, cargas distribuídas em paredes e posicionamento dos pilares previamente inseridos no Revit.

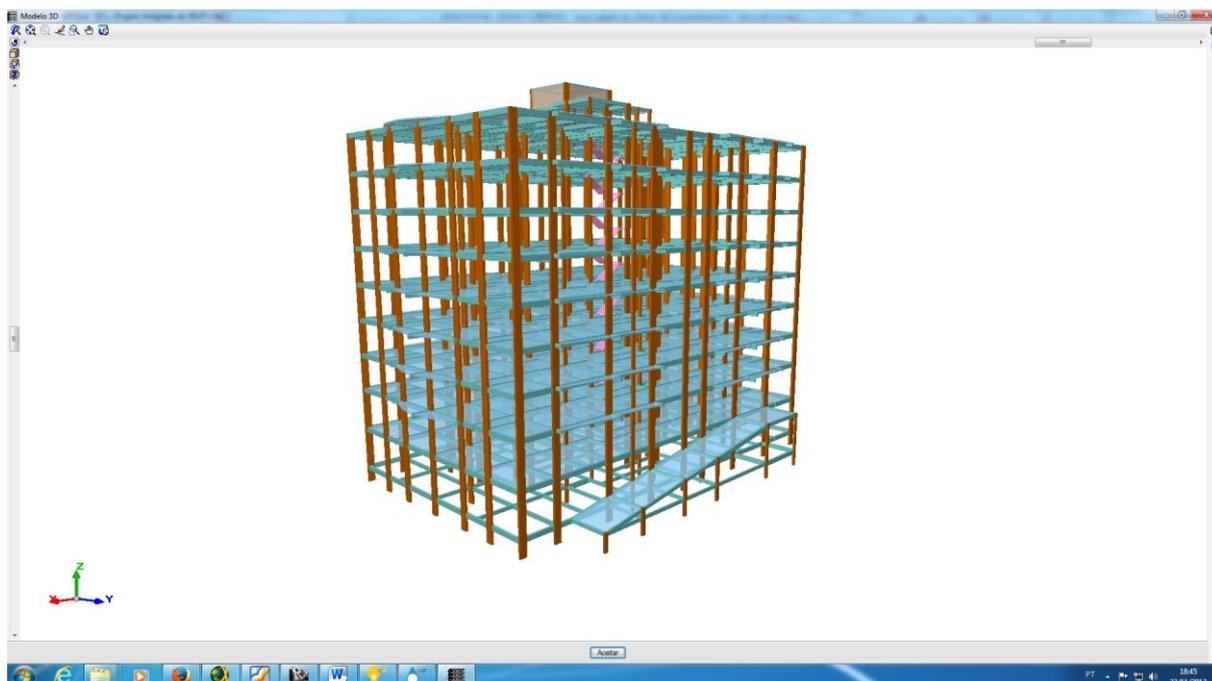


Figura 25: Modelo tridimensional da estrutura no software Cypecad.
Fonte: Autoria Própria.

Para elaboração dos projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias, foram utilizados os programas da AltoQi, Lumine e Hydros, respectivamente. Esses softwares são facilitadores do dimensionamento, pois já possuem as rotinas de cálculo integradas em sua plataforma, porém não são softwares que trabalham a interoperabilidade BIM e não dão suporte as ferramentas de exportação e importação do formato IFC.

Existem hoje no mercado softwares BIM específicos para projetos de instalações, porém para elaboração do trabalho não dispúnhamos de tempo hábil nem recursos para fazer os projetos por meio desses softwares, por este motivo utilizamos os softwares de instalações da AltoQi, por serem conhecidos e utilizados pelos autores do projeto, antes mesmo da pesquisa de trabalho.

Para comunicação entre os softwares da AltoQi e o Revit, utilizamos o método de transferência de arquivos no formato dwg do modelo arquitetônico. A partir da arquitetura importada do Revit para os softwares Lumine e Hydros foram feitos os projetos elétricos e hidráulicos. Depois de finalizados os projetos, os softwares da AltoQi, geram um modelo tridimensional das instalações, mas diferentemente de softwares BIM, este 3D não possui parâmetros e informações, como tubulações, ligações hidráulicas e elétricas, ou qualquer informação ‘inteligente’ do modelo, é apenas uma representação tridimensional.

Para ser feita a compatibilização dos projetos, modelamos as instalações elétrica e hidráulica dentro do software Revit, na disciplina MEP, à partir dos modelos em 3D (Figuras 26 e 27) gerados pelos softwares da AltoQi.

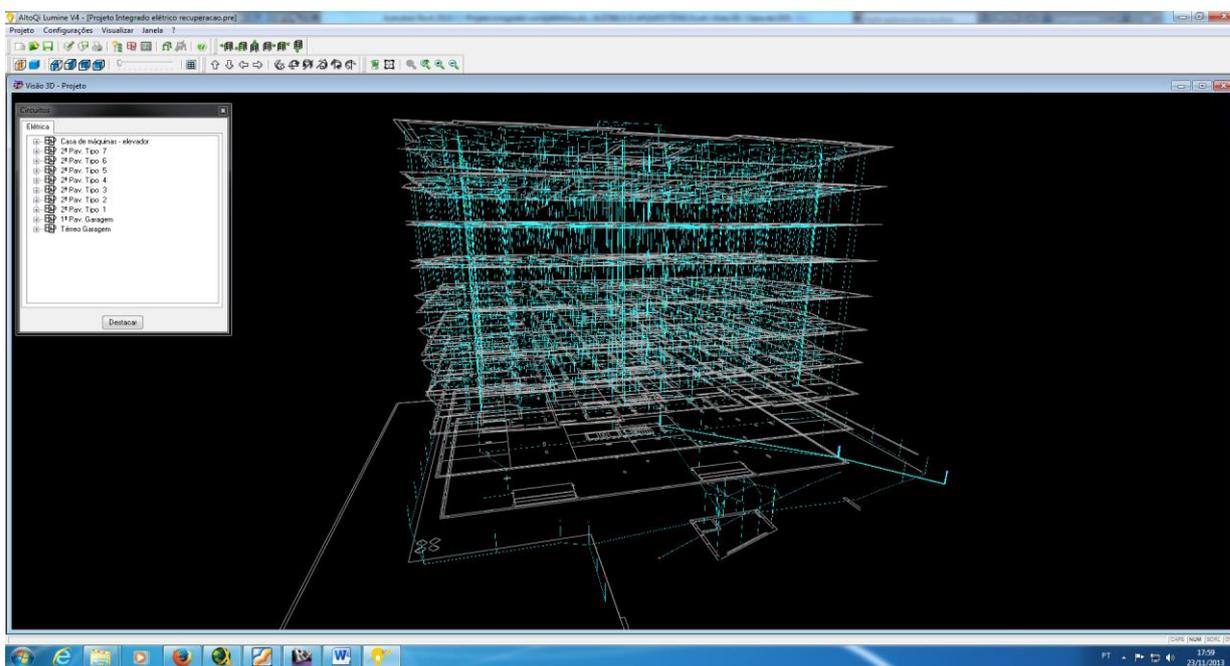


Figura 26: Representação tridimensional do projeto elétrico no Lumine.
Fonte: Autoria Própria.

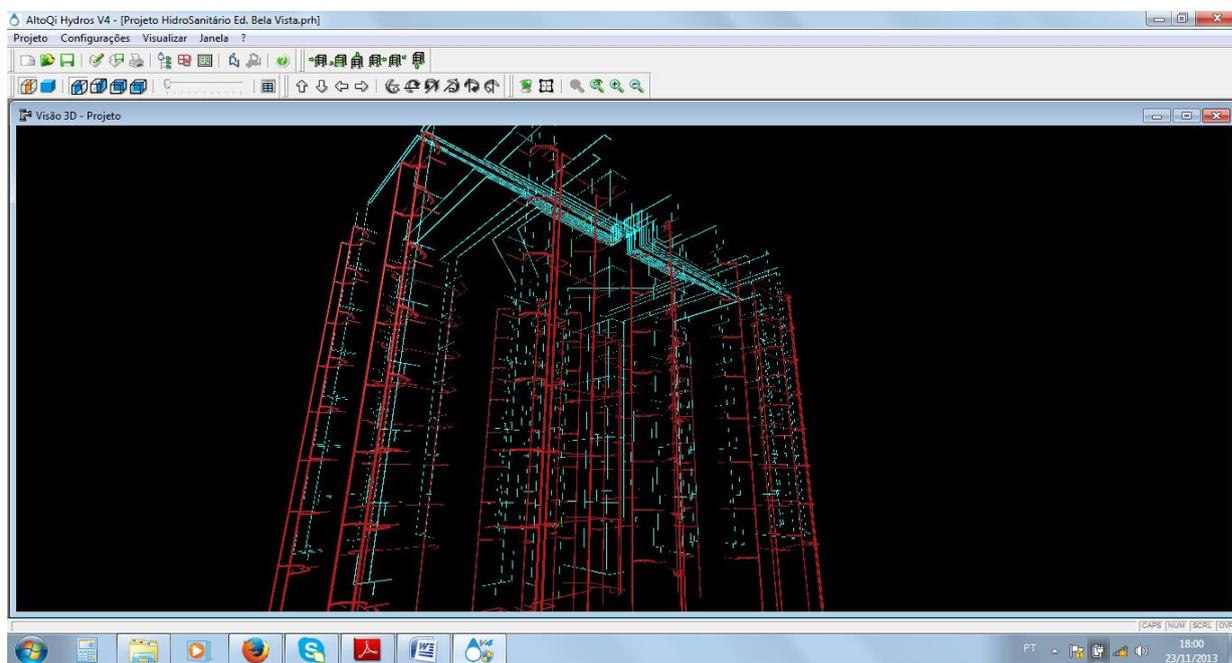


Figura 27: Representação tridimensional do projeto hidrossanitário, no Hydros.
Fonte: Autoria Própria.

6.4. Compatibilização dos projetos arquitetônico e estrutural

Após o desenvolvimento dos projetos arquitetônico e estrutural executamos a primeira compatibilização. O projeto estrutural desenvolvido no Cypecad foi exportado no formato IFC, e importado para dentro do projeto arquitetônico feito no Revit. Assim sobrepomos a arquitetura com a estrutura para verificação das incompatibilidades físicas, recurso este possibilitado pelo comando “verificação de interferências” dentro do software Revit (figura 28).

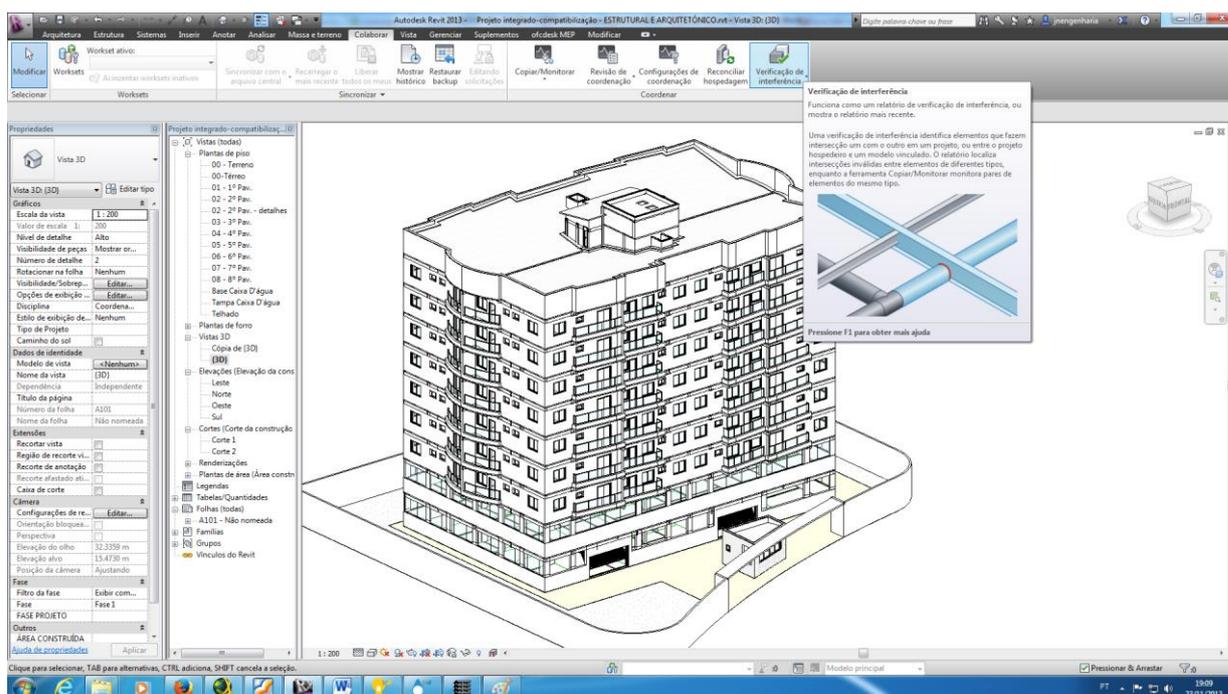


Figura 28: Comando verificação de interferência.

Fonte: Autoria Própria.

Este comando gera um relatório das interferências físicas dos elementos dos quais destacaremos a seguir os mais significantes.

6.4.1. Interferências entre pilares e esquadrias

Na figura 30 o Pilar está na mesma posição da porta, interferindo e impossibilitando a sua correta execução. Este erro ocorre principalmente pelo fato de os projetos serem elaborados individualmente sem a integração entre projetistas. Para sanar essa interferência é preciso analisar qual a melhor e mais viável mudança, se seria possível alterar a porta de lugar e manter o pilar na mesma posição ou se o projetista estrutural deve mudar a posição do pilar. Os relatórios de interferências completos se encontram no Anexo 01.

Arquivo do relatório de interferência do projeto: F:\Projeto integrado\Arquitetônico\Projeto integrado-compatibilização -
Criado: sábado, 23 de novembro de 2013 19:30:37
Última atualização:

	A	B
1	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879832	Portas : M_Descarga simples : 0762 x 2134 mm - Marca 55 : ID 454841
2	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879885	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 59 : ID 456147
3	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879885	Janelas : JANELA : Simples 1.20 x 1.00 - Marca 54 : ID 456325
4	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879841	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 64 : ID 472961
5	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879856	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 84 : ID 478360
6	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879608	Portas : M_Descarga simples : 0762 x 2134 mm - Marca 1549 : ID 751509
7	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879661	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1552 : ID 751514
8	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879661	Janelas : JANELA : Simples 1.20 x 1.00 - Marca 1150 : ID 751515
9	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879617	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1556 : ID 751552
10	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879632	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1573 : ID 751667
11	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879384	Portas : M_Descarga simples : 0762 x 2134 mm - Marca 1622 : ID 753344
12	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879437	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1625 : ID 753349
13	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879437	Janelas : JANELA : Simples 1.20 x 1.00 - Marca 1202 : ID 753350
14	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879393	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1629 : ID 753387

Figura 29: Trecho do relatório de interferências.

Fonte: Autoria Própria.

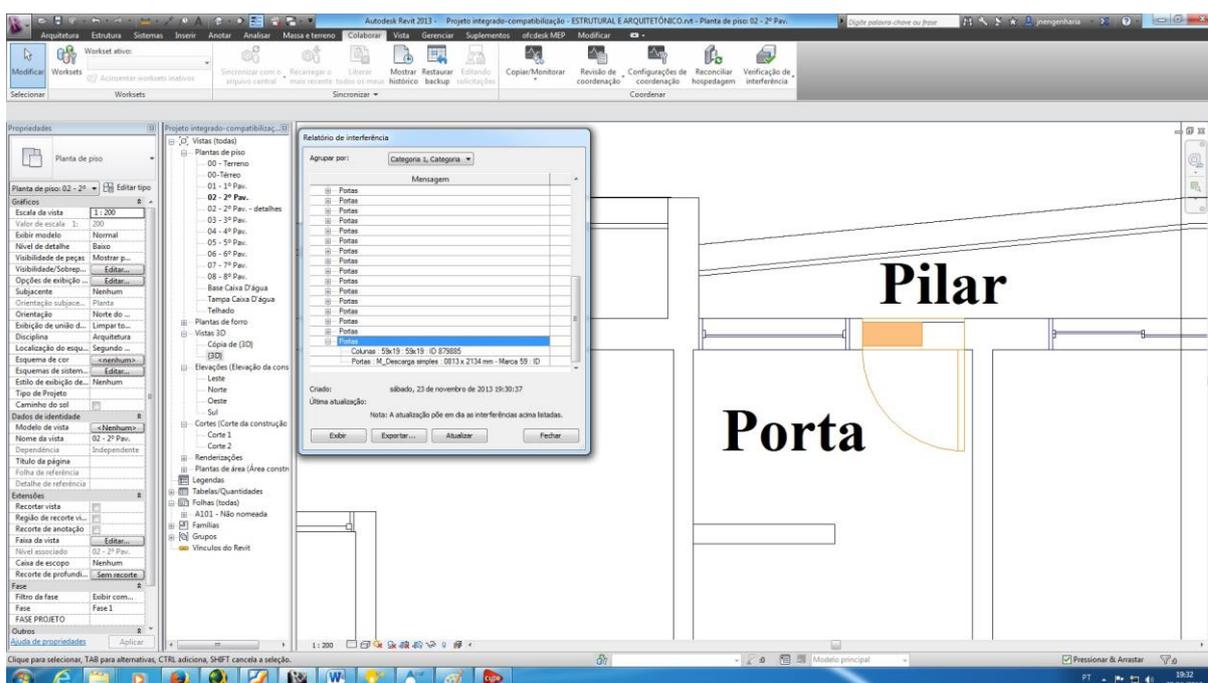


Figura 30: Interferência entre Pilar e Porta.

Fonte: Autoria Própria.

6.4.2. Interferências entre pilares e escadas

No dimensionamento dos pilares, os que se localizam próximo a escada ficaram com dimensões maiores que a espessura da parede, e conseqüentemente sobrepuseram com a escada, o que levou ao software identificar como uma interferência (Figura 31). Para execução seria possível deixar o pilar aparente no hall da escada, sem atrapalhar a

acessibilidade, afetaria apenas a estética da escada. Decidimos manter a mesma disposição dos pilares com estas dimensões, pois neste caso alterar as dimensões dos pilares não seria a alternativa mais econômica.

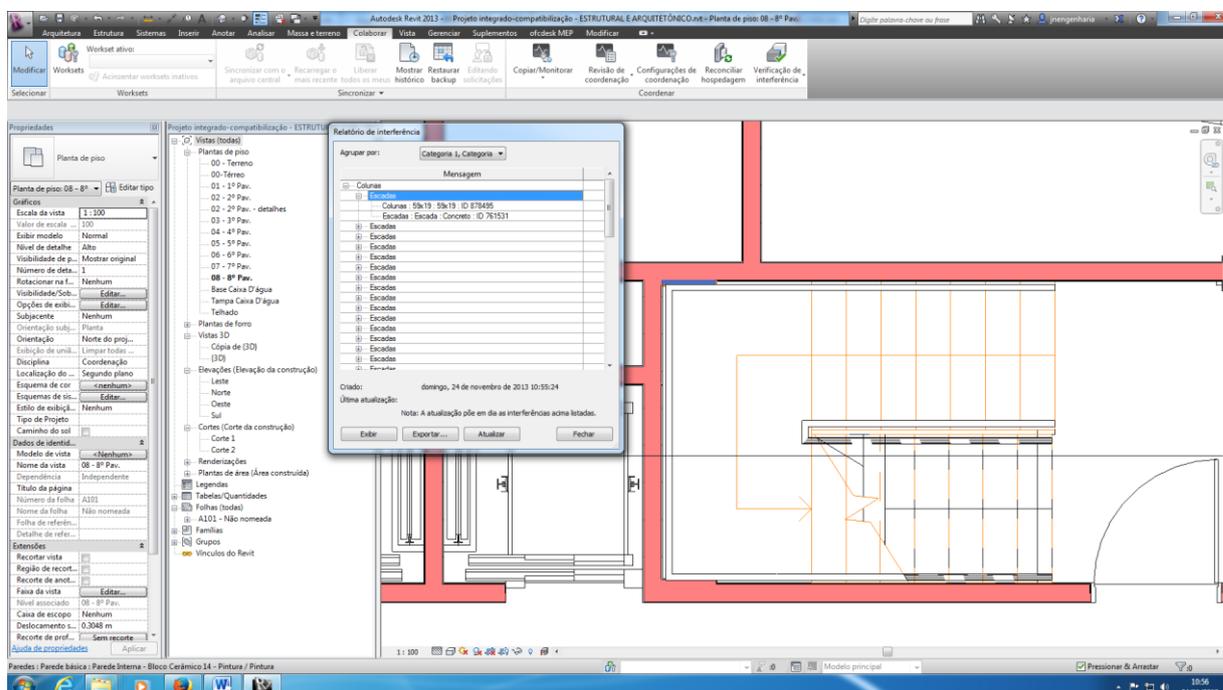


Figura 31: Interferência entre Pilar e escada.
Fonte: Autoria Própria.

Depois de corrigidos todas as interferências foi feito uma nova verificação no projeto e não houve mais nenhum erro. Com o projeto estrutural compatibilizado com o arquitetônico demos início aos projetos complementares, elétrico e hidráulico.

6.5. Compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico

Os projetos, hidrossanitário e elétrico foram desenvolvidos nos softwares da AltoQi, e depois de calculados e dimensionados, foram modelados dentro do software Revit da Autodesk. Essa modelagem foi necessária, pois para fazer a identificação das interferências o Revit precisa interpretar as informações como tubos, conexões, interruptores, tomadas, luminárias, quadros, etc., como elementos de informações paramétricas, o que caracteriza um software BIM. Como dito anteriormente os softwares da AltoQi, não geram essas informações no modelo 3D, apenas dão uma visão tridimensional da instalação.

Depois de modelado foi feita a verificação de interferências entre o arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico, e observou-se que todas as tubulações que estavam inseridas nas alvenarias eram tratadas como interferências. Por esse motivo foram ignoradas essas interferências e corrigidas apenas as que realmente causariam mudanças e retrabalhos na hora da execução da obra.

Na verificação entre os projetos arquitetônico, estrutural e elétrico (Figura 33), identificamos interferências como eletrodutos passando por pilares e vigas, alguns pontos de tomadas e interruptores embutidos em pilares (Figura 32), e nos pavimentos de garagem alguns pilares interferindo na iluminação do ambiente, pois ficaram próximos a luminárias.

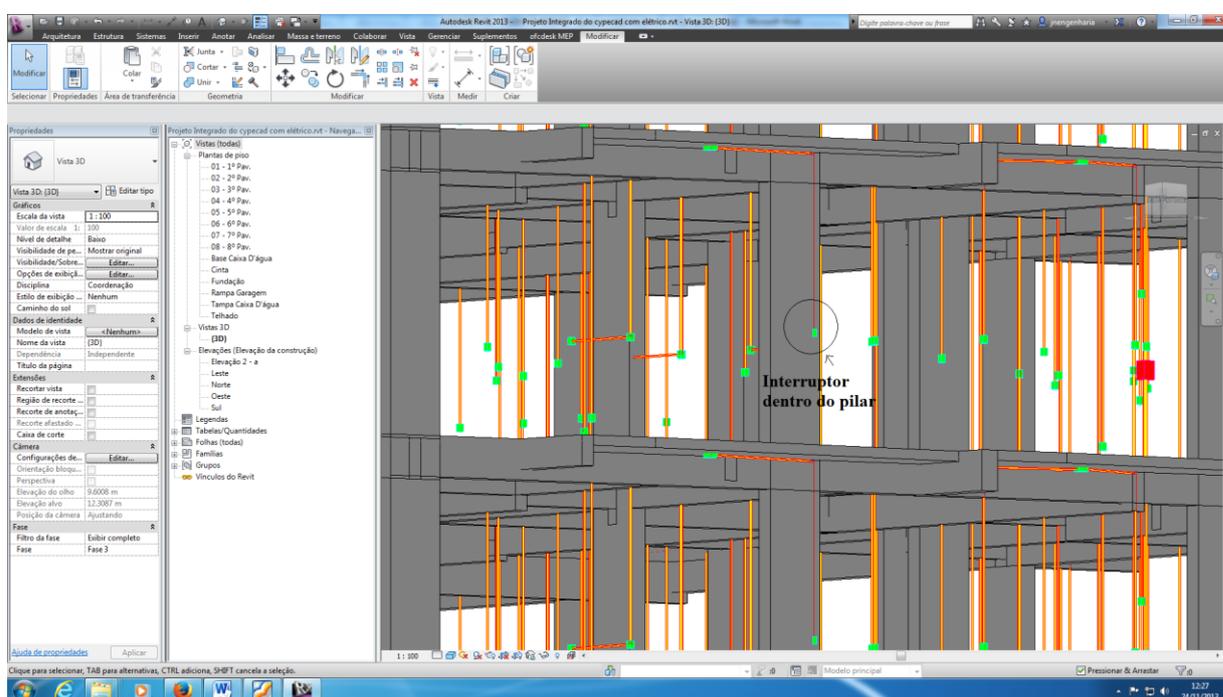


Figura 32: Interruptor embutido dentro do pilar.

Fonte: Autoria Própria.

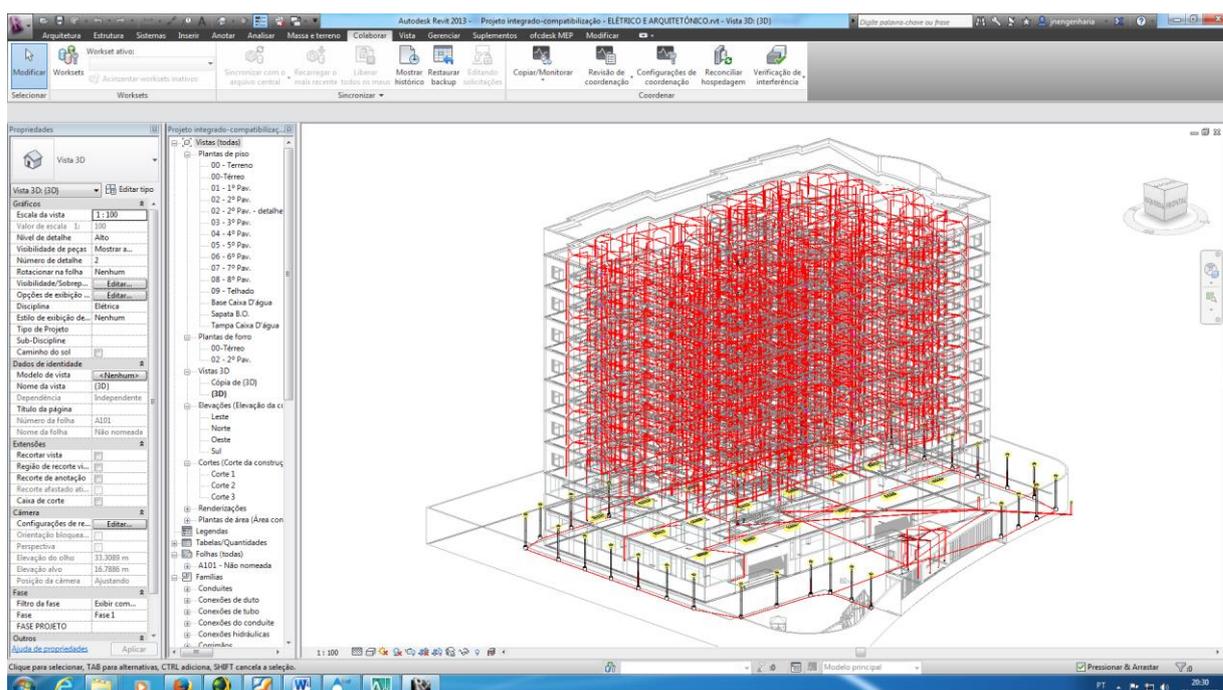


Figura 33: Verificação de interferências entre arquitetônico, estrutural e elétrico.

Fonte: Autoria Própria.

Na verificação entre os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário (Figura 35), identificamos interferências como dutos passando por pilares e vigas, alguns tubos de queda em que foi necessária a criação de *shafts* para passagem de tubulação (Figura 34), e em alguns casos a criação destas *shafts* interferiram na arquitetura, como na posição das janelas de alguns banheiros (Figura 34).

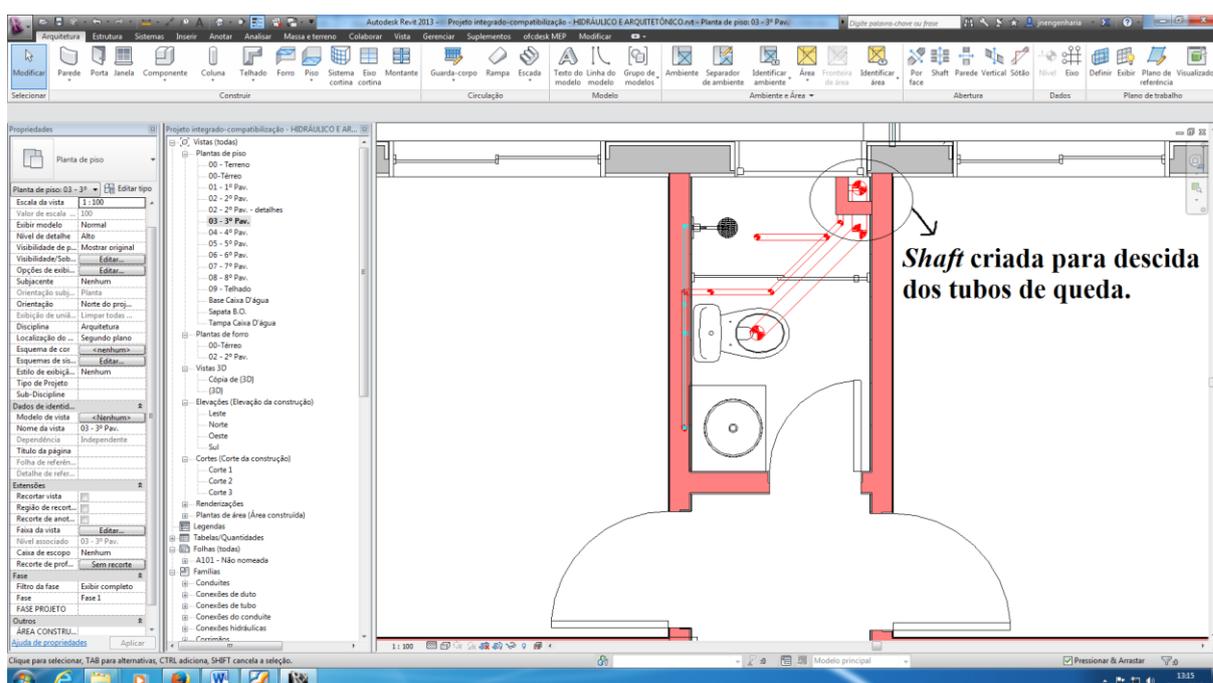


Figura 34: *shaft* criada para descida de tubos de queda.

Fonte: Autoria Própria.

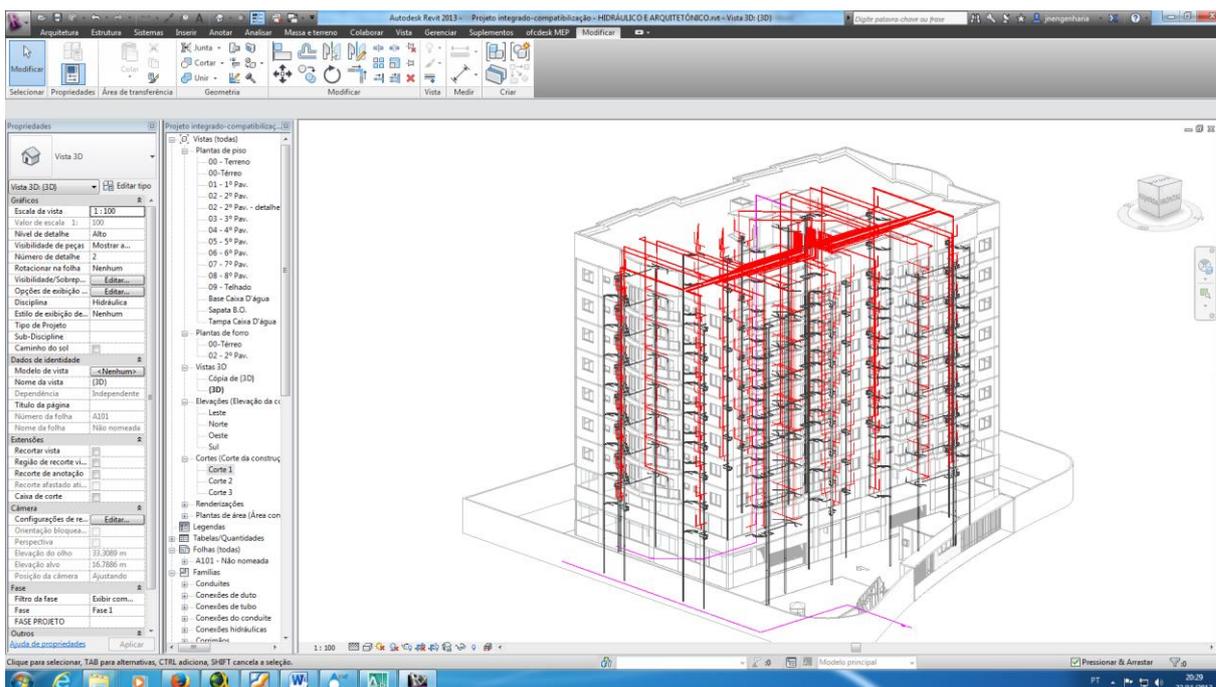


Figura 35: Verificação de interferências entre arquitetônico, estrutural e hidrossanitário.
Fonte: Autoria Própria.

Na figura 36 temos os tubos de água e esgoto atravessando as vigas e lajes, locais onde deverão ser previstos passagens. Essa interferência deve ser levada em consideração, pois num momento de concretagem da laje caso não haja as esperas das tubulações, isto irá gerar retrabalho em furar a laje para a descida das tubulações.

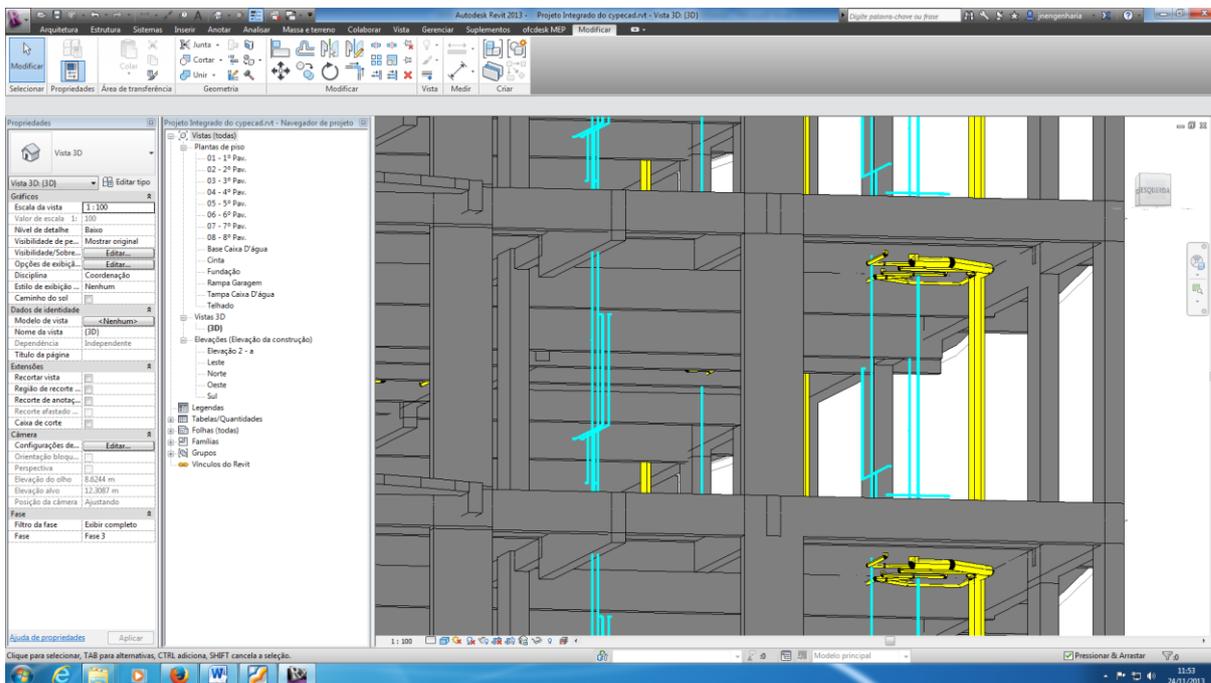


Figura 36: Interferências entre tubos hidrossanitários e estrutura.
Fonte: Autoria Própria.

6.6. Análise dos resultados

O uso do BIM como instrumento de integração é capaz de gerar esforços que implicam na melhoria do fluxo de dados e informações entre os participantes deste processo, com redução de erros, melhorando assim a coordenação e qualidades dos projetos e garantindo a integridade dos dados. De posse dos resultados obtidos pelo relatório de compatibilização podemos obter as seguintes conclusões:

- A precisão dos resultados emitidos pelos softwares Revit são importantíssimos na rapidez da compatibilização. Essas análises de interferências são mais rápidas do que a análise visual de processos como a compatibilização 2D e 3D fora dessa plataforma;
- Como o processo de modelagem da informação reconhece cada elemento como um objeto com características peculiares como fabricante, composição, dimensões, posição e não somente como linhas, blocos ou massas (AutoCad) torna sua análise automática confiável, pois ela verifica a posição de cada elemento individualmente analisando se existe interferência com outro objeto.
- A análise da relevância das interferências é importante, pois nem todas as interferências são incompatibilidades, como por exemplo, a interferência entre alvenaria cerâmica e tubulações. Essa análise deve ser feita com muito cuidado verificando a cada interferência contida no relatório. Se fosse o caso de alvenarias estruturais essa incompatibilidade teria relevância.
- Os projetos, de maneira geral, necessitam de detalhes de execução, como os detalhes das *shafts*, detalhes das descidas de tubulações, detalhamento de paredes hidráulicas entre outros. Esses detalhes facilitariam a execução e diminuiriam o número de retrabalhos, portanto a qualidade do projeto influencia diretamente sobre o produto final.

Portanto de posse dos relatórios de erros e incompatibilidades encontrados pelas ferramentas de análise do software o projetista então passará a introduzir de maneira técnica e economicamente viável a solução mais adequada para resolução de cada problema verificado. Só então depois de resolvidas as pontualidades relevantes do projeto o mesmo estará pronto para execução em campo.

CONCLUSÃO

Uma das principais contribuições das ferramentas BIM para o aumento da qualidade do projeto é a possibilidade de associar ao modelo informações não gráficas e atributos físicos, de forma que permite fazer simulações, e análises das interferências entre as disciplinas de projetos, o que pelo método tradicional de planejamento não possibilitaria resultados satisfatórios.

Fazendo a análise do método de compatibilização utilizando a tecnologia BIM, encontramos muitas vantagens, comparado ao método tradicional de compatibilização. Fica evidente que uma compatibilização com um modelo tridimensional dá uma ‘visão’ muito mais completa dos projetos, o que facilita muito na identificação de interferências. Utilizando de ferramentas como a “verificação de interferência” do software Revit, otimizamos as análises e possíveis correções dos projetos.

As correções realizadas em determinada vista do projeto, geram atualizações automáticas a todas as outras, e não há a necessidade de recriar os desenhos. No método tradicional qualquer alteração devido a compatibilização, ou mudanças do projeto, exige muito retrabalho das equipes de projeto para atualizar todas as informações.

A proposta do BIM de que todos os agentes envolvidos no projeto trabalhem sobre uma base única de dados, aumenta a integração e faz a comunicação entre eles ficar mais clara e eficiente. Entretanto, para que um Sistema BIM possa efetivamente solucionar os problemas consequentes da falta de integração de informações ao longo da cadeia produtiva, o sistema deveria ser adotado por todos os agentes intervenientes. Para isso é necessário investimentos não apenas na aquisição de softwares e em hardwares, mas também em treinamentos dos profissionais, e completa aceitação das mudanças dos métodos tradicionais de projetos.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 14645-1: **Elaboração do “como construído” (as built) para edificações**. MAR. 2000.

ADDOR, Miriam Roux A.; CASTANHO, Miriam D. de Almeida; CAMBIAGHI, Henrique; DELATORRE, Joyce Paula Martin; NARDELLI, Eduardo Sampaio; OLIVEIRA, André Lompreta de. **Colocando o "i" no BIM**. Revista eletrônica de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 2010, nº 4, Jul. Dez. de 2010. Disponível em <www.usjt.br/arq.urb/numero_04/arqurb4_06_miriam.pdf> Acesso em 12 Jun. de 2013.

ALDER, M. A. **Comparing time and accuracy of building information modeling to on-screen take off for a quantity takeoff on a conceptual estimate**. Dissertação (Master of Science). School of Technology Brigham Young University. 2006.

AMORIM, S.V. **Metodologia para estruturação de Sistemas de Informação para projeto dos Sistemas Hidráulicos Prediais**. São Paulo, 1997. 213 p. (Tese de Doutorado) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia da Construção Civil, Universidade de São Paulo.

ARSENAULT, P. J., **Building Information Modeling (BIM) and Manufactured Complementary Building Products. Integrating design, drawings, specifications, and shop drawings in a BIM model**. Dezembro 2009. Disponível em: <http://continuingeducation.construction.com/article_print.php?L=192&C=622&P=4>. Acesso em 07 de Jun. de 2013.

AsBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura - **Manual de Contratação dos Serviços de Arquitetura e Urbanismo 2ª Edição São Paulo** - Pini - abril / 2000.

AUTODESK. **Sobre o BIM.** Disponível em <http://www.autodesk.com.br/adsk/servlet/index?siteID=1003425&id=16162683>> Acesso dia 05 Nov. de 2013.

AUTODESK. **Visão geral Revit para projeto de edificações e construção.** Disponível em <http://www.autodesk.com.br/products/autodesk-revit-family/overview>> Acesso dia 10 Nov. de 2013.

AZEVEDO, Orlando José Maravilha de. “**Metodologia BIM : building information modeling na direção técnica de obras**”, Dezembro-2009. Disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/10695>>. Acesso dia 07 Jun. de 2013.

BARAK, R.; JEONG, Y.S.; SACKS, R.; EASTMAN, C. M.. **Unique requirements of building information modeling for cast-in-place reinforced concrete**, *Journal of computing in civil engineering*, v. 23, i. 2, p. 64-74, mar./abr. 2009.

BARISON, Maria B., SANTOS, Eduardo T. **Atual cenário da implementação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas.** In: V TIC - Salvador, 2011, Bahia, 10p.

BuildingSMART. Disponível em: <http://www.buildingsmart.com/>>. Acesso dia 12 de Abr. de 2013.

BuildingSMART - Process - **Information Delivery Manual (IDM).** Disponível em: <http://buildingsmart.com/standards/idm>>. Acesso em: 10 de Maio de 2013.

CALLEGARI, S.; BARTH, F. **Análise comparativa da compatibilização de projetos em três estudos de caso.** In: CONGRESSO NACIONAL CONSTRUÇÃO, 3., 2007, Coimbra, Portugal. Anais eletrônicos...Coimbra: Universidade de Coimbra, 2007. Disponível em: http://www.callegariarquitectura.com.br/textos/callegari_arquitetura_construcao_2007.pdf>. Acesso em: 12 Mar. de 2013.

CAMPBELL, D. A. “**Building information modeling: the Web3D application for AEC.**” In Proceedings of the Twelfth international Conference on 3D Web Technology.

(Perugia, Italy, April 15 -18, 2007). Web3D '07. ACM, New York, NY, 173-176. Disponível em < www.web3d.org/x3d/learn/presentations/BIM_Web3D2007.pdf >. Acesso dia 23 Jun. de 2013.

CASTRO, E. M. C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. 1999. 202p. (Dissertação), Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

COVELO, Maria Angélica. Entrevista. *Construção Mercado*, São Paulo: PINI, n. 115, p 26-30, Fev. 2011.

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

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors Second Edition**. New Jersey: John Wiley & sons, 2011.

FABRÍCIO, Márcio. Minto. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios**. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FABRÍCIO, Márcio Minto. **O Processo De Projeto Na Construção De Edifícios. Gestão e Coordenação de Projetos de Edifícios. Notas de Aula. 2**. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. 2004.

FALLON, K. 2008. **Interoperability: Critical to Achieving BIM Benefits**. Disponível em:
<<http://www.aiaa.org/components/AIAS077998?dvid=&recspec=AIAS077998>> Acesso dia 12 de Julho de 2013.

FARIA, Renato. Entrevista, **Construção integrada**. *Revista Técnica*, São Paulo, outubro 2007. ed. 127, p 44-49.

FERRAS, Miguel; MORAIS, Ruben. **O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em Betão.** Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL - BE2012 FEUP, 24-26 de outubro de 2012.

FERREIRA, Aurélio Buarque Holanda. **Mini Aurélio: o mini dicionário da língua portuguesa.** 4. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001.

FERREIRA, S. L. **Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e vice-versa.** In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2007, Anais. Curitiba, 2007. Disponível em < www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-44.pdf > Acesso em 05 de Março de 2013.

FINEP E ITQC - Pesquisa - **Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras.** PCC USP, São Paulo, setembro 1998. Disponível em <<http://pesquisa.pcc.usp.br/perdas>> Acesso em: 14 de Jun. de 2013.

FLORIO, Wilson. **Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em Arquitetura.** In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2007. Disponível em: <<http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/tic2007/artigos/A1106.pdf>>. Acesso em: 23 Jun. 2013.

GATTONI, R. L. C. **A atuação do gerente de projetos na era do conhecimento.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM, ON, KNOWLEDGE MANAGEMENT/ DOCUMENTATION, ISKDM, 2001, Curitiba.

GUIMARÃES, Dênio. **BIM: Processos e Tecnologia para Projetos.** 2012. 15 f. Trabalho para disciplina de Sistemas Estruturais I na XIV Semana de Engenharia da UFF (Bacharelado em Arquitetura) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2012. [Orientador: Prof. Sérgio Greca].

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

HAMMARLUND, Y; JOSEPHSON, P. E. **Qualidade: cada erro tem seu preço.** Trad. De Vera M. C. Fernandes Hachich. *Téchne*, n. 1, p.32 – 4, Nov/Dez 1992.

HYVÄRINEN, J.; PORKKA J.; PIENIMÄKI, M.; KORKIALA-TANTTU, L.; MÄKELÄINEN, T.; KIVINIEMI, A. **Report 1: Objectives and Ramifications of Product Model-based System in Finnish Infra-sector: Targets and forecasts based on Norwegian experience.** INFRA 2010, VTT, 2006.

IAI – **International Alliance for Interoperability.** BuildingSMART: Regional Alliances, 2008. Disponível em <http://www.buildingsmart.com/content/buildingsmart_regional_alliances> Acessado em 04 Out. 2010.

IBRAHIM, Magdy; KRAWCZYK, Robert; SCHIPPORIET, George. **Two Approaches to BIM: A Comparative Study,** 2004. Disponível em <www.iit.edu/~krawczyk/miecad04.pdf> Acesso dia 05 Jun. de 2013.

JACOSKI, C. A. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações – uma implementação com IFC/XML.** Florianópolis, 2003. 218p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina.

KHEMLANI, L. **The IFC Building Model: A Look Under the Hood.** AECbytes, [S.I.], 30 Mar. 2004. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html>>. Acesso em: 16 de março de 2013.

KIVINIEMI, A.; TARANDI, V.; KARLSHØJ, J.; BELL, H.; KARUD, O. **Review of the Development and Implementation of IFC Compatible BIM.** ERABUILD FUNDING ORGANIZATIONS, 2008. Disponível em: <<http://www.sintef.no/upload/Byggforsk/Bygninger/Erabuild%20BIM%20Report%20January%202008%20-%20Executive%20Summary.pdf>>. Acesso em: 15 out. de 2013.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the digital age: design and manufacturing.** Nova Iorque: Spon Press, 2003.

LAISERIN, J. **To BIM finity and Beyond**. Cadalyst - AEC, Nov. 2007. Disponível em: <<http://www.cadalyst.com/aec/to-bimfinity-and-beyond-aec-insight-column-3686>>. Acesso em: 20 de Jun. de 2013.

LAUBMEYER, Livia A. S.; MAGALHÃES, Arnaldo L. F.; LEUSIN, Sergio R. A. **Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: Oportunidades no mercado imobiliário**. In: IV Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção civil, Rio de Janeiro, 2009, Anais... CD-ROM.

LEUSIN, Sergio R. A. **Novas formas de pensar o processo de projeto e o produto edifício –Modelagem de produto –BIM**. In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios WBGPCE, Curitiba, 2007, Disponível em:<<http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/PDF/0701%20Building%20Information%20Modeling%20-%20Leusin.pdf>>. Acesso em: 04 Jun. 2013.

MACIEL, L.L.; MELHADO, S.B. **Qualidade na construção civil: fundamentos**. São Paulo, EPUSP,1995. (Texto Técnico. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/15).

MARTINS, M. S.; HERNANDES, A. T.; AMORIM, S. V. **Ferramentas para melhoria do processo de execução dos sistemas hidráulicos prediais**. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO. UFSCar, São Carlos, SP – 16 a 19 de Setembro de 2003.

MATIPA, W. M. **Total cost management at the design stage using a building product model**. Tese (Doutorado em Philosophy Engineering). Faculty of Engineering, Department of Civil ND Environmental Engineering of National University of Ireland, Cork. 2008.

MELHADO, S. B. (coord.) **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. 115 p.

MENEZES, G. L. B. B. **BIM: um novo paradigma na academia e no mundo do trabalho**. Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI) Ciência, tecnologia

e inovação: ações sustentáveis para o desenvolvimento regional. Campus Palmas do IFTO – Palmas -TO. de 19 a 21 de outubro de 2012.

MIKALDO JR, J., SCHEER, S.. **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS OU ENGENHARIA SIMULTÂNEA: QUAL É A MELHOR SOLUÇÃO?**. Gestão & Tecnologia de Projetos, São Carlos, 3, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos/index.php/gestaodeprojetos/article/view/63>>. Acesso em: 11 Ago. de 2013.

MIKALDO JR, J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de TI**. 2006. Dissertação (Mestrado em Construção Civil),UFPR– Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NASCIMENTO, L. A. **Proposta de um sistema de recuperação de informação para extranet de projeto**. 2004. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

NIBS – National Institute of Building Sciences. **United States National Building Information Modeling Standard™, version 1, part 1 (Overview, Principles, and Methodologies – Transforming the Building Supply Chain through Open and Interoperable Information Exchanges)**. National BIM Standard, 2007. Disponível em <www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf>. Acesso em 07 Nov. de 2013.

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. ENTAC98, 1998, Florianópolis, SC. Anais do VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

OKAMOTO, Patrícia Seiko. **Teoria e prática da coordenação de projetos de edificações residenciais na cidade de São Paulo**. 2006. 182p. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. São Paulo.

OLIVEIRA, T. Terceira dimensão. **Revista Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo: PINI, n. 173, p 86-88, julho. 2008.

ONUMA PLANNING SYSTEM (OPS). **ONUMA**, 16 fev. 2008. Disponível em : <<http://onuma.com/products/OnumaPlanningSystem.php>>. Acesso em: 25 out. 2013.

PAZLAR, T.; TURK, Z.. **Interoperability in practice: geometric data exchange using the IFC standard**, *ITcon*, v. 13, special issue, p. 362-380, 2008.

PICCHI, F. A. Entrevista. **Revista Técnica**, São Paulo, mar. / abr. 1993.

PRIES, A. **BIM in der praktischen Anwendung am Beispiel des Bayerischen Landtages (Maximilianeum) in München**. In: BUILDINGSMART FORUM. 14. 2010. Berlim. (Apresentação). Präsentationen...Berlim: BuildingSMART, 2010. Disponível em: <<http://buildingsmart.de/forum/vortraege10.htm>>. Acesso em: 8 jan. de 2013.

REDMOND, A., HORE, A., ALSHAWI, M. & WEST, R. 2012. **Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM**. *Automation in Construction*, 24, 175-183.

REGO, Rejane de Moraes. **As Naturezas Cognitiva e Criativa da Projeção em Arquitetura: Reflexões Sobre o Papel Mediador das Tecnologias**. *Rev. Esc. Minas* vol.54 n.1 pp. 33-40. Ouro Preto. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672001000100006>. Acesso dia 05 Nov. de 2013

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. **A construtibilidade no processo de projeto de edificações**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. Anais eletrônicos... São Carlos: UFSCar, 2003. Disponível em: <<http://www.deciv.ufscar.br/sibragec/trabalhos/artigos/092.pdf>>. Acesso em: 1 jul. de 2013.

SCHEER, S.; ITO, A. L. Y.; AYRES Filho, C.; AZUMA, F. e BEBER, M.; **Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de**

projeto em escritórios de arquitetura. In: Anais do VII Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Curitiba, 2007.

SEBRAE /SINDUSCON – PR (Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Micro Empresas do Paraná) **Diretrizes Gerais para Compatibilização de Projetos**, Curitiba, 1995, 120p.

SILVA, Augusto Correa da. Artigo. *Construção Mercado*, São Paulo: PINI, n. 106, p 56-57, Maio 2010.

SOUZA, ROBERTO DE; ABIKO, ALEX K. **Metodologia para Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte.** São Paulo: EPUSP, 1997.

TAVARES JÚNIOR, W.; BARROS NETO, J. de Paula; POSSAMAI, O.; MOTA, E. M.. **Um Modelo De Registro Das Tecnologias Para Uso Na Compatibilização De Projetos De Edificações.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, São Carlos, SP, 2003.

TOBIN, J. **Proto-Building: To BIM is to Build.** AECbytes, 28 mai. 2008. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>>. Acesso em: 15 de Jun. de 2013.

TSE, T. K.; WONG, K. A.; **The utilization of building information models in nD modeling: a study of data interfacing and adoption barriers.** Electronic Journal of Information Technology in Construction, vol.10, p.85-110, 2005. Disponível em <http://www.itcon.org/data/works/att/2005_8.content.05676.pdf> Acesso em: 13 Jun. 2013.

WONG, K. **The summer of BIM (tech trends column).** Disponível em: <<http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=507889&pageID=1&sk=&date=>>>. Acesso em: 29 de junho de 2008.

ANEXO 01: RELATÓRIOS DE INTERFERÊNCIAS

file:///F:/Projeto integrado/Arquitetônico/Projeto integrado-compatibili...

Relatório de interferência

Arquivo do relatório de interferência do projeto: F:\Projeto integrado\Arquitetônico\Projeto integrado-compatibilização - ESTRUTURAL E ARQUITETÔNICO.rvt

Criado: sábado, 23 de novembro de 2013 19:30:37

Última atualização:

	A	B
1	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879832	Portas : M_Descarga simples : 0762 x 2134 mm - Marca 55 : ID 454841
2	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879885	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 59 : ID 456147
3	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879885	Janelas : JANELA : Simples 1.20 x 1.00 - Marca 54 : ID 456325
4	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879841	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 64 : ID 472961
5	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879856	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 84 : ID 478360
6	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879608	Portas : M_Descarga simples : 0762 x 2134 mm - Marca 1549 : ID 751509
7	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879661	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1552 : ID 751514
8	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879661	Janelas : JANELA : Simples 1.20 x 1.00 - Marca 1150 : ID 751515
9	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879617	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1556 : ID 751552
10	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879632	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1573 : ID 751667
11	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879384	Portas : M_Descarga simples : 0762 x 2134 mm - Marca 1622 : ID 753344
12	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879437	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1625 : ID 753349
13	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879437	Janelas : JANELA : Simples 1.20 x 1.00 - Marca 1202 : ID 753350
14	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879393	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1629 : ID 753387
15	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879408	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1646 : ID 753502
16	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879160	Portas : M_Descarga simples : 0762 x 2134 mm - Marca 1695 : ID 755179
17	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879213	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1698 : ID 755184
18	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879213	Janelas : JANELA : Simples 1.20 x 1.00 - Marca 1254 : ID 755185

file:///F:/Projeto integrado/Arquitetônico/Projeto integrado-compatibili...

19	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879169	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1702 : ID 755222
20	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 879184	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1719 : ID 755337
21	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 878936	Portas : M_Descarga simples : 0762 x 2134 mm - Marca 1768 : ID 757014
22	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878989	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1771 : ID 757019
23	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878989	Janelas : JANELA : Simples 1.20 x 1.00 - Marca 1306 : ID 757020
24	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 878945	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1775 : ID 757057
25	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 878960	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1792 : ID 757172
26	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878765	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1844 : ID 758854
27	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878765	Janelas : JANELA : Simples 1.20 x 1.00 - Marca 1358 : ID 758855
28	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 878721	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1848 : ID 758892
29	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 878736	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1865 : ID 759007
30	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 878488	Portas : M_Descarga simples : 0762 x 2134 mm - Marca 1914 : ID 760684
31	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878541	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1917 : ID 760689
32	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878541	Janelas : JANELA : Simples 1.20 x 1.00 - Marca 1410 : ID 760690
33	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 878497	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1921 : ID 760727
34	Colunas : 19x29 : 19x29 : ID 878512	Portas : M_Descarga simples : 0813 x 2134 mm - Marca 1938 : ID 760842

Fim do relatório de interferência

Relatório de interferência

Arquivo do relatório de interferência do projeto: F:\Projeto integrado\Arquitetônico\Projeto integrado-compatibilização - ESTRUTURAL E ARQUITETÔNICO.rvt

Criado: segunda-feira, 25 de novembro de 2013 11:53:16

Última atualização:

	A	B
1	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879839	Escadas : Escada : Concreto : ID 648183
2	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879847	Escadas : Escada : Concreto : ID 648183
3	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 880347	Escadas : Escada : Concreto : ID 655226
4	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 880355	Escadas : Escada : Concreto : ID 655226
5	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879839	Escadas : Escada : Concreto : ID 694218
6	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879847	Escadas : Escada : Concreto : ID 694218
7	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 880063	Escadas : Escada : Concreto : ID 739397
8	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 880071	Escadas : Escada : Concreto : ID 739397
9	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879615	Escadas : Escada : Concreto : ID 752356
10	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879623	Escadas : Escada : Concreto : ID 752356
11	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879615	Escadas : Escada : Concreto : ID 752469
12	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879623	Escadas : Escada : Concreto : ID 752469
13	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879391	Escadas : Escada : Concreto : ID 754191
14	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879399	Escadas : Escada : Concreto : ID 754191
15	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879391	Escadas : Escada : Concreto : ID 754304
16	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879399	Escadas : Escada : Concreto : ID 754304
17	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879167	Escadas : Escada : Concreto : ID 756026
18	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879175	Escadas : Escada : Concreto : ID 756026

file:///F:/Projeto integrado/Arquitetônico/Projeto integrado-compatibili...

19	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879167	Escadas : Escada : Concreto : ID 756139
20	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879175	Escadas : Escada : Concreto : ID 756139
21	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878943	Escadas : Escada : Concreto : ID 757861
22	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878951	Escadas : Escada : Concreto : ID 757861
23	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878943	Escadas : Escada : Concreto : ID 757974
24	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878951	Escadas : Escada : Concreto : ID 757974
25	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878719	Escadas : Escada : Concreto : ID 759696
26	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878727	Escadas : Escada : Concreto : ID 759696
27	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878719	Escadas : Escada : Concreto : ID 759809
28	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878727	Escadas : Escada : Concreto : ID 759809
29	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878495	Escadas : Escada : Concreto : ID 761531
30	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878503	Escadas : Escada : Concreto : ID 761531
31	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878495	Escadas : Escada : Concreto : ID 761644
32	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878503	Escadas : Escada : Concreto : ID 761644
33	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 880261	Escadas : Escada 1 - 2 : Escada 1 - 2 : ID 877053
34	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 880269	Escadas : Escada 1 - 2 : Escada 1 - 2 : ID 877053
35	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 880347	Escadas : Escada 1 - 2 : Escada 1 - 2 : ID 877053
36	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 880355	Escadas : Escada 1 - 2 : Escada 1 - 2 : ID 877053
37	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 880063	Escadas : Escada 1 - 2 401 : Escada 1 - 2 401 : ID 877060
38	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 880071	Escadas : Escada 1 - 2 401 : Escada 1 - 2 401 : ID 877060
39	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879839	Escadas : Escada 2 - Tramo 1 - 2 : Escada 2 - Tramo 1 - 2 : ID 877067
40	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879847	Escadas : Escada 2 - Tramo 1 - 2 : Escada 2 - Tramo 1 - 2 : ID 877067

file:///F:/Projeto integrado/Arquitetônico/Projeto integrado-compatibili...

41	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879615	Escadas : Escada 2 - Tramo 1 - 2 971 : Escada 2 - Tramo 1 - 2 971 : ID 877074
42	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879623	Escadas : Escada 2 - Tramo 1 - 2 971 : Escada 2 - Tramo 1 - 2 971 : ID 877074
43	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879391	Escadas : Escada 2 - Tramo 2 - 5 : Escada 2 - Tramo 2 - 5 : ID 877081
44	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879399	Escadas : Escada 2 - Tramo 2 - 5 : Escada 2 - Tramo 2 - 5 : ID 877081
45	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879167	Escadas : Escada 2 - Tramo 2 - 5 1631 : Escada 2 - Tramo 2 - 5 1631 : ID 877088
46	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 879175	Escadas : Escada 2 - Tramo 2 - 5 1631 : Escada 2 - Tramo 2 - 5 1631 : ID 877088
47	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878943	Escadas : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2006 : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2006 : ID 877095
48	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878951	Escadas : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2006 : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2006 : ID 877095
49	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878719	Escadas : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2381 : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2381 : ID 877102
50	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878727	Escadas : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2381 : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2381 : ID 877102
51	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878495	Escadas : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2756 : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2756 : ID 877109
52	Colunas : 59x19 : 59x19 : ID 878503	Escadas : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2756 : Escada 2 - Tramo 2 - 5 2756 : ID 877109

Fim do relatório de interferência

ANEXO 02: PROJETOS EXECUTIVOS E DETALHAMENTOS

Maquete eletrônica do empreendimento:



Fachada do edifício.
Fonte: Autoria Própria.