



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
COLEGIADO DE ENGENHARIA CIVIL

EMILY ALMEIDA BELTRÃO

MODELAGEM E COMPATIBILIZAÇÃO DE
PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS COM O
USO DO BIM

Salvador

2015

EMILY ALMEIDA BELTRÃO

**MODELAGEM E COMPATIBILIZAÇÃO DE
PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS COM O
USO DO BIM**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como um dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Professor Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira.

Salvador

2015

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Emerson Ferreira, por me instruir na realização deste trabalho, estando sempre presente e me fornecendo todos os meios e materiais disponíveis para o meu auxílio.

À Escola Politécnica da UFBA, pelos anos de aprendizado que me proporcionaram o conhecimento necessário para a realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmãos, pelo amor e suporte incondicionais, sempre me motivando a fazer o meu melhor da forma mais bem feita.

A Daniel Brandão, meu namorado e melhor amigo, que esteve presente nas horas mais difíceis, me incentivando no decorrer deste trabalho e de todo o curso.

A minha família, pelo companheirismo e motivação que sempre me proporcionaram.

BELTRÃO, Emily Almeida. *Modelagem e compatibilização de projetos de instalações elétricas com o uso do bim*. 101 f. il. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

RESUMO

A grande quantidade de falhas encontradas em projetos e a baixa qualidade dos mesmos são problemas significativos no setor na construção civil brasileira. A baixa qualidade dos projetos advém, dentre outras coisas, de uma compatibilização de projetos falha, que não ocorre com a eficácia necessária para solucionar os conflitos existentes entre os projetos. O uso do BIM na compatibilização dos projetos pode levar a uma melhora neste processo. Por conta disto, este trabalho propõe a análise do uso do BIM na modelagem e compatibilização de projetos, utilizando um projeto de instalações elétricas para tal. Inicialmente, foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre os conceitos, aplicações e benefícios do BIM. A pesquisa foi iniciada apresentando conceitos sobre o processo de produção de um projeto. A seguir, foram apresentados conceitos sobre a compatibilização de projetos, explicando sua importância e as dificuldades encontradas em sua realização. Foram expostas as principais interferências encontradas em projetos elétricos e algumas ferramentas utilizadas na compatibilização de projetos. Na etapa seguinte, foram expostos conceitos sobre o BIM, mostrando a sua importância para o desenvolvimento do setor da construção civil. Foram expostas vantagens e desvantagens, exemplos de sua implantação e uso. Foi realizado um estudo de caso que consistiu na modelagem e compatibilização do projeto de instalações elétricas dos apartamentos tipos de um edifício residencial. As interferências encontradas foram expostas, classificadas e analisadas. O estudo identificou uma grande quantidade de interferências no modelo analisado. Mais de 90% das interferências foram identificadas pelo processo de identificação automática do BIM. A identificação das interferências ocorreu de forma rápida e eficaz, possibilitando uma análise das possíveis soluções ainda na fase de projeto e mostrando a melhora que pode ser proporcionada ao processo de compatibilização de projetos com o uso do BIM.

Palavras chave: BIM. Modelagem. Compatibilização de Projetos. Instalações Elétricas.

BELTRÃO, Emily Almeida. *Modeling and compliance of electrical installations projects using BIM*. 101 f. il. 2015. Monograph (Working Course Conclusion) - Polytechnic School, Federal University of Bahia, Salvador, 2015.

ABSTRACT

The great quantity of flaws found in projects and the low quality of them are significant problems in the sector in the Brazilian civil construction. The low quality of the projects comes from, among other things, a failed projects compatibility, which does not occur with the efficiency required to resolve conflicts between the projects. The use of BIM in the consistency of the projects can lead to an improvement in this process. Because of this, this paper proposes the analysis of the use of BIM in projects modeling and compatibility, using a design of electrical installations for such. Initially, a literature search on the concepts, applications and benefits of BIM was made. The research was started presenting concepts of the design production process. The following concepts were presented on the compatibility of projects, explaining their importance and the difficulties encountered in its implementation. Major interference found in electrical design and some tools used in the projects compatibility were exposed. In the next step, concepts were exposed on BIM, showing its importance for the development of the construction industry. Advantages and disadvantages, examples of its implementation and use were exposed. A case study consisting in modeling and compatibility of a electrical installations project of the apartments types of a residential building was conducted. The interference found were exposed, classified and analyzed. The study identified a lot of interference in the model analyzed. More than 90% interferences were identified by automatic identification of BIM process. The identification of interference occurred quickly and effectively, enabling an analysis of possible solutions still in the design phase and showing the improvement that can be provided to the compatibility of projects process with the use of BIM.

Keywords: BIM. Modeling. Compatibility of Projects. Building Installations.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

(Charles Chaplin)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases (MELHADO E AGOPYAN, 1995)	19
Figura 2: O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício (HAMMARLUND & JOSEPHSON ³ , 1992 apud MELHADO E AGOPYAN, 1995)	20
Figura 3: Curva de MacLeamy (MANZIONE, 2013)	21
Figura 4: Processo de Desenvolvimento do Projeto, (MELHADO, 1994).....	23
Figura 5: Etapas de Projeto Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea (YAZDANI E HOLMES ⁴ , 1999, apud Back e Ogliari, 2000).....	25
Figura 6: Arranjo da equipe de projeto tradicional (MELHADO, 1994).....	25
Figura 7: Arranjo da equipe de projeto integrado (MELHADO, 1994)	26
Figura 8: Compatibilizações ao longo do processo de projeto (RODRIGUEZ E HEINECK, 2003)	29
Figura 9: Gerenciamento de compatibilização de projetos em empreendimentos de construção civil (SANTOS et al., 2013)	30
Figura 10: Compatibilização das Vigas de um Projeto de Estruturas com um Projeto de Instalações (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO)	37
Figura 11: Posicionamento de tomadas em locais onde não existe parede (SOUSA, 2010)	38
Figura 12: Posicionamento do interruptor atrás da porta (SOUSA, 2010).....	39
Figura 13: Tomadas e pontos de luz em conflito com tubos de queda e ventilação (SOUSA, 2010)	39
Figura 14: Atividades relacionadas ao BIM (DIRECTIONS MAGAZINE)	41
Figura 15: O modelo compartilhado na plataforma BIM (NEDERVEEN et al., 2010 ⁷ apud MANZIONE, 2013)	42
Figura 16: Nível de Maturidade do BIM no Mundo (MCGRAW HILL CONSTRUCTION – SMART MARKET REPORT, 2013)	44
Figura 17: Panorama atual do BIM no Brasil (MCGRAW HILL CONSTRUCTION – SMART MARKET REPORT, 2013).....	45
Figura 18: Estágios de Evolução do BIM (SUCCAR ⁸ , 2012 apud MANZIONE, 2013)	48

Figura 19: Vista 3D do edifício estudado (AUTORA)	57
Figura 20: Planta Baixa do Pavimento Tipo Estudado (AUTORA)	58
Figura 21: Escolhendo a versão Revit MEP (AUTORA).....	59
Figura 22: Janela para escolha e configuração do arquivo importado (AUTORA)	61
Figura 23: Comando Alinhar (AUTORA)	62
Figura 24: Modelos de arquitetura e estrutura alinhados com o modelo de elétrica importado (AUTORA)	63
Figura 25: Inserindo Material Elétrico (AUTORA).....	63
Figura 26: Carregando as famílias necessárias ao projeto (AUTORA)	64
Figura 27: Determinando a elevação das peças (AUTORA).....	65
Figura 28: Sistema de Distribuição adotado (AUTORA)	66
Figura 29: Atribuindo um sistema de distribuição ao circuito (AUTORA)	67
Figura 30: Projeto Elétrico Modelado (AUTORA)	68
Figura 31: Projeto Elétrico Modelado - Vista 3D (AUTORA)	69
Figura 32: Caixa de Diálogo Nova Tabela (AUTORA)	70
Figura 33: Caixa de Diálogo Propriedades da Tabela (AUTORA).....	70
Figura 34: Tabela de Quantitativos de Conduítes (AUTORA).....	71
Figura 35: Caixa de Diálogo de Verificação de Interferências - Instalações Elétricas x Estrutura (AUTORA)	72
Figura 36: Caixa de Diálogo de Verificação de Interferências - Instalações Elétricas x Instalações Elétricas (AUTORA)	73
Figura 37: Caixa de Diálogo de Verificação de Interferências - Instalações Elétricas x Arquitetura (AUTORA)	74
Figura 38: Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Instalações Elétricas (AUTORA).....	75
Figura 39: Elemento conflitante realçado (AUTORA).....	75
Figura 40: Caixa de passagem que não suporta a quantidade de conduítes projetados para passar por ela (AUTORA)	78
Figura 41: Conduítes com traçado conflitante (AUTORA).....	79
Figura 42: Inclinação muito brusca do conduíte em trechos curtos (AUTORA)	79
Figura 43: Passagem dos conduítes através das vigas (AUTORA)	82
Figura 44: Luminárias locadas em local de passagem de viga (AUTORA)	82
Figura 45: Traçado de conduítes muito próximo às portas (AUTORA)	84
Figura 46: Dispositivo de Iluminação muito próximo à porta (AUTORA).....	85

Figura 47: 1ª Vista Tridimensional do Projeto (AUTORA)	89
Figura 48: 2ª Vista Tridimensional do Projeto (AUTORA)	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exposição da metodologia utilizada na realização do trabalho	54
Quadro 2: Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Instalações Elétricas .	76
Quadro 3: Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Estrutura	76
Quadro 4: Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Arquitetura	77
Quadro 5: Quantitativo de Interferências (Instalações Elétricas x Instalações Elétricas)	80
Quadro 6: Quantitativo de Interferências (Instalações Elétricas x Estrutura)	82
Quadro 7: Quantitativo de Interferências (Instalações Elétricas x Arquitetura)	85
Quadro 8: Quantitativo Total de Interferências.....	87

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
2.1.1	Definição de Projeto no Setor da Construção Civil	17
2.1.2	Importância da Etapa de Produção dos Projetos.....	18
2.1.3	O Processo de Produção dos Projetos	22
2.2	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	28
2.3	Ferramentas de Compatibilização de Projetos	32
2.4	Interferências.....	36
2.5	BIM	40
2.5.1	Conceito e Definição.....	40
2.5.2	Panorama do BIM.....	43
2.5.3	Processo de Implantação do BIM	47
2.5.4	Modelagem Paramétrica e Interoperabilidade	48
2.5.5	Aplicações do BIM	50
3	METODOLOGIA	53

4	ESTUDO DE CASO	56
4.1	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	56
4.2	DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO	58
4.2.1	Modelagem do Projeto Elétrico.....	58
4.2.1.1	Escolha entre Revit MEP e Revit Architecture	59
4.2.1.2	Inserindo os modelos necessários ao projeto no Revit MEP	59
4.2.1.3	Criando os Circuitos Elétricos	63
4.2.1.4	Executando o Traçado dos Conduítes	67
4.2.1.5	Gerando Tabela de Quantitativos.....	69
4.2.2	Verificação das Interferências do Projeto Elétrico.....	71
4.2.3	Exposição e Análise das Interferências	77
4.2.3.1	Instalações Elétricas x Instalações Elétricas	77
4.2.3.2	Instalações Elétricas x Estrutura	81
4.2.3.3	Instalações Elétricas x Arquitetura	84
4.2.4	Análise dos Resultados e Comparação com o processo tradicional de compatibilização de projetos	86
5	CONCLUSÃO	91
	REFERÊNCIAS.....	93
	APÊNDICE.....	96

1 INTRODUÇÃO

A Construção Civil é marcada por ser um setor resistente a mudanças e inovações tecnológicas. Tal fato pode ser visto em seus sistemas produtivos, que sofreram pouca, senão nenhuma mudança desde o início do século. Muitas das dificuldades na implantação de inovações no setor são atribuídas à sua mão de obra pouco especializada e com baixa escolaridade, que teria dificuldade no aprendizado de novas tecnologias e, além disso, seria responsável pelas dificuldades no controle do planejamento e da produtividade. Entretanto, a mão de obra do setor não pode ser inteiramente responsabilizada. Existem, entre os engenheiros do Brasil, costumes que atrapalham o processo produtivo; ainda assim, muitos engenheiros relutam em desarraigá-los. Um grande exemplo é a necessidade que muitos engenheiros do setor de produção têm de iniciar a obra o quanto antes e a qualquer custo, o que implica, na maioria das vezes, iniciar a obra sem um único projeto na mão. Esta atitude terá, posteriormente, consequências extremamente prejudiciais à construção, levando a perdas e retrabalhos, diminuindo a produtividade e atrapalhando o planejamento existente. Estes males não ocorrem somente quando uma obra é iniciada antes da finalização dos projetos, já que, muitas vezes, o projeto possui falhas, incompatibilidades e baixa qualidade. As interferências existentes entre os diferentes projetos de uma obra, que ocorrem, principalmente, devido à displicência quanto à necessidade de compatibilização entre os projetos, levam à execução de serviços de forma errônea, e, mais uma vez, a perdas, retrabalhos, baixa produtividade e desvios no planejamento.

O medo do novo é um fator determinante na dificuldade de implantar inovações tecnológicas na construção civil. Engenheiros que estão há muitos anos no setor, perpetuam suas práticas e o "novo" é rejeitado, pelo receio de enfrentar o desconhecido. Como disse o escritor norte americano H. P. Lovecraft: *"A emoção mais forte e mais antiga do homem é o medo, e a espécie mais forte e mais antiga de medo é o medo do desconhecido"*. As inovações tecnológicas, como o próprio nome já diz, trazem o "novo" como uma solução. A aplicação destas novas ferramentas, apesar de na teoria ser eficaz, possui consequências desconhecidas na prática, levando muitos engenheiros a temerem a sua utilização. Entretanto, o

aprimoramento só vem com a mudança. O "novo" é necessário para que antigos erros possam ser corrigidos. Mas apesar de algumas empresas já enfrentarem o desconhecido e absorverem inovações em seus métodos construtivos, muitas construtoras no Brasil ainda relutam em deixar as velhas práticas.

A inovação tecnológica que iremos tratar neste trabalho é o Building Information Modeling que significa Modelagem de Informação da Construção, mais conhecido como BIM. É uma ferramenta que, dentre muitas outras vantagens que iremos falar no decorrer deste trabalho, leva a um melhoramento do processo de produção dos projetos. Segundo a Autodesk, desenvolvedora do software, o BIM *"promove um método avançado de trabalho colaborativo usando um modelo criado a partir de informações coordenadas e consistentes. O processo viabiliza a tomada de decisões nas etapas iniciais do projeto, o desenvolvimento de documentação de melhor qualidade e a avaliação de alternativas para o projeto sustentável ou melhorias, usando a análise antes do início da construção"*.

Como dito anteriormente, existem diversas falhas nos projetos, que dificultam a realização dos mesmos e acarretam imprevistos e erros na construção. A forma como ocorre a produção dos diversos projetos necessários à construção é um dos fatores que levam à ocorrência de erros nos projetos, que, na maior parte dos casos, são feitos separadamente, por profissionais de diversas especializações do ramo da construção civil: arquitetura, cálculo estrutural, instalações elétricas, instalações hidráulicas, topografia, entre outras. Antigamente, a relação entre estas variadas áreas era facilitada pela centralização dos serviços, mas com o crescimento do setor e o aumento do trabalho, os profissionais passaram a se especializar em determinada etapa do processo e o desenvolvimento do projeto foi segmentado, prejudicando a comunicação entre as equipes responsáveis por cada etapa. Esta falta de comunicação contribui para a ocorrência de interferências entre os projetos, que se não forem identificadas antes da etapa de execução da obra irão provocar perdas, retrabalhos e aumento do custo e do prazo da obra. Tais fatos poderiam ser evitados através da compatibilização dos projetos envolvidos, que identificaria as interferências e permitiria a correção das mesmas.

A compatibilização de projetos consiste na sobreposição de todos os projetos envolvidos na obra, identificando cada conflito entre eles. Atualmente, esta identificação é feita a olho nu, sendo um processo desgastante e que não permite uma clara visualização de conflitos que só podem ser devidamente identificados em

vistas tridimensionais. É neste cenário que entra o BIM, fornecendo uma visão tridimensional da edificação, através de uma base de dados que contém as informações relacionadas à construção: desde os tipos de materiais utilizados até as datas de execução de cada etapa da obra. A utilização de um único arquivo, que além de conter todas as informações do edifício, é compartilhado por todos os envolvidos na execução do projeto, facilita a comunicação entre os responsáveis por cada etapa, conduzindo a um aumento na qualidade do projeto.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o uso do BIM para modelagem e compatibilização de projetos de instalações elétricas.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Conhecer os conceitos, usos e benefícios do BIM no setor da construção civil.
- Aplicar a metodologia e tecnologia BIM para modelagem e compatibilização de um projeto de instalações elétricas.
- Avaliar os resultados encontrados e as vantagens da utilização do BIM.

1.2 JUSTIFICATIVA

A falta de inovação na tecnologia e na forma de se pensar e executar as obras no Brasil contribui para a perpetuação de uma cultura de construção civil já atrasada no panorama mundial. Os avanços tecnológicos permitem que uma obra seja executada de forma mais rápida e eficiente do que se costuma ver nas obras brasileiras.

A grande quantidade de falhas encontradas em projetos e a baixa qualidade dos mesmos, gerando erros e atrasos ao cronograma, são problemas recorrentes no setor na construção civil brasileira. Tais problemas são fruto, dentre outras coisas,

de uma compatibilização de projetos falha, que ocorre com eficácia aquém da necessária para suprir as demandas do setor. O BIM entra neste cenário como uma importante metodologia e tecnologia que pode otimizar o processo de compatibilização de projetos, tornando-o mais rápido e eficaz. Por isto, este trabalho visa apresentar a compatibilização de projetos com o uso do BIM, de forma a evidenciar sua importância e real necessidade para o setor da construção civil brasileira.

Os projetos de instalações são marcados por serem projetos com problemas de incompatibilidades recorrentes. Visando analisar as incompatibilidades de tais projetos, foi escolhida a área de instalações elétricas para servir como base para a aplicação do BIM realizada neste trabalho.

A Modelagem da Informação da Construção oferece uma nova forma de se pensar a construção civil, contribuindo para a evolução do setor. O BIM tem o seu principal diferencial no que diz respeito à quantidade de informações que são acopladas ao projeto. O que eram linhas na dimensão 2D, passa a ser um banco de dados, que é o que irá permitir que os colaboradores trabalhem a partir de um mesmo ponto de referência. A tecnologia já é muito utilizada em muitos países como Estados Unidos, Reino Unido, Singapura dentre outros. Nestes países, o BIM já tem feito muitas transformações, tornando as empresas que o utilizam mais competitivas no mercado.

No Brasil, as movimentações para implantação do BIM ainda não contagiaram todo o setor da construção, ainda sendo inviável a aplicação plena de todo o potencial BIM no país. Entretanto, alguns movimentos já podem ser percebidos e alguns já começam a usufruir de algumas de suas vantagens. Para que esta implantação ocorra de forma plena, é indispensável uma avaliação das potencialidades oferecidas pelo BIM. Por isto, este trabalho apresenta a modelagem da informação da construção, seus conceitos, benefícios e formas de uso. A aplicação da metodologia BIM nas construtoras do país é essencial para a modernização do setor, de forma a modernizar os seus processos, aumentando eficiência e produtividade, e diminuindo perdas.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é formado por cinco capítulos.

No Capítulo 1 é feita uma breve introdução, apresentando uma justificativa para o tema escolhido e os objetivos a serem alcançados.

O Capítulo 2 é formado pelo referencial teórico, com o objetivo de expor os conceitos utilizados neste trabalho. É apresentado o processo de produção e compatibilização de projetos, identificando as interferências mais comuns de serem encontradas no processo de compatibilização. São apresentados conceitos, benefícios, aplicações e ferramentas do BIM.

No Capítulo 3 é apresentada a metodologia o trabalho, expondo a forma de execução do trabalho. A metodologia é apresentada através de descrição textual e de um quadro que expõe os objetivos específicos, as ferramentas utilizadas e os resultados esperados em cada etapa do trabalho. É apresentado também um fluxograma das etapas do estudo de caso.

O Capítulo 4 é formado pelo estudo de caso proposto neste trabalho. São aplicadas as ferramentas BIM para a modelagem de um projeto de instalações elétricas com o uso do software Revit MEP. É feita a compatibilização do modelo entre as especialidades de instalações elétricas, arquitetura e estrutura. As interferências encontradas são expostas, analisadas e classificadas de acordo com o tipo de cada uma. Ao final, são apresentados os resultados encontrados e os benefícios da utilização do BIM no desenvolvimento do trabalho.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões feitas no trabalho, expondo os resultados obtidos em relação aos objetivos traçados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1.1 DEFINIÇÃO DE PROJETO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os projetos de arquitetura e engenharias são a representação de um conjunto de informações técnicas e operacionais, sobre a realização de um determinado produto. Envolvem um grupo de pessoas (projetistas, empreendedores, clientes) que irão pesquisar e analisar dados para alcançar um determinado objetivo de forma planejada. Durante o desenvolvimento do projeto, as exigências de todos os intervenientes devem ser consideradas e incorporadas ao projeto. Desta forma, fica evidente a necessidade de interação entre as diferentes partes relacionadas ao projeto. O ciclo de vida de um projeto vai desde a fase inicial de análise das possibilidades do empreendimento, até a fase final de assistência técnica ao cliente.

A necessidade da elaboração de um projeto prévio à realização de uma construção surgiu do aumento do número de construções necessárias para suprir uma sociedade. Um maior número de construções acarreta mais informações, tornando-as mais difíceis de serem gerenciadas. Outro fator de grande importância para o surgimento do projeto foi a necessidade de uma construção mais segura e precisamente calculada, para substituir o improviso e empirismo utilizados para a execução das obras de antigamente. Desta forma, a elaboração do projeto surgiu como forma de gerenciar com maior segurança e qualidade, as informações geradas no processo da construção. Outro fator determinante para o surgimento do projeto foi a divisão social do trabalho e dos mecanismos de atribuição e distribuição de responsabilidades. Desta forma, pode-se ver como o projeto se tornou essencial ao longo da evolução da sociedade, sendo indispensável para a execução de uma construção de forma segura e eficiente.

O projeto é feito com o objetivo de guiar a execução de um determinado produto. Portanto, tendo em vista a otimização desta execução, é essencial um projeto eficaz e coerente, planejando a execução no menor tempo e custo possíveis. Projeto vai muito além da simples representação de desenhos técnicos, tomando uma importância maior do que a de simplesmente representar graficamente as definições dos projetistas. Deve-se ter em mente que o projeto representa o

planejamento e as análises que devem ser feitas antes de se viabilizar um empreendimento. As informações contidas no projeto servem para a tomada de diversas decisões, referentes a técnicas, materiais e, principalmente, alocação de recursos (Kischel, 2013). Um bom projeto prevê os possíveis impasses e propõe a solução para cada um deles. Silva (1984)¹ apud Bottega (2012) pontua que o projeto deve ser encarado como um instrumento utilizado para evitar a surpresa e o desconhecido, em todos os âmbitos relacionados.

Segundo Kischel (2013), a representação dos parâmetros apresentados em projeto não deve deixar margens para suposições e ambiguidades, já que esse conjunto de informações servirá de base para a tomada de diversas decisões. Segundo o autor: "Da necessidade dessa representação surge uma das maiores dificuldades na hora de apresentar graficamente as conclusões projetuais". Bottega (2012) mostra que a representação gráfica das conclusões projetuais é dificultada por conta do grande volume de informações gerado de forma dispersa ao longo da produção do projeto, resultando na dificuldade de compartilhar de modo satisfatório as informações que são fundamentais ao desenvolvimento do projeto.

Ao falar sobre a influência do projeto sobre o empreendimento como um todo, Oliveira (2005) afirma: "Sabe-se que o projeto tem influência determinante sobre o desempenho de uma edificação em seu uso. Mais que isso, ele determina grande parte da possibilidade de ganhos financeiros reais durante sua construção, por meio da redução do desperdício e das patologias construtivas e por meio da melhoria da imagem das empresas integrantes do empreendimento imobiliário, proporcionando aumento no número de vendas, fidelização de clientes, etc. Ele tem papel essencial na produção de edificações de qualidade e possibilita a introdução de inovações tecnológicas no processo produtivo, gerando, com isso, reflexos positivos na satisfação do cliente com o produto adquirido".

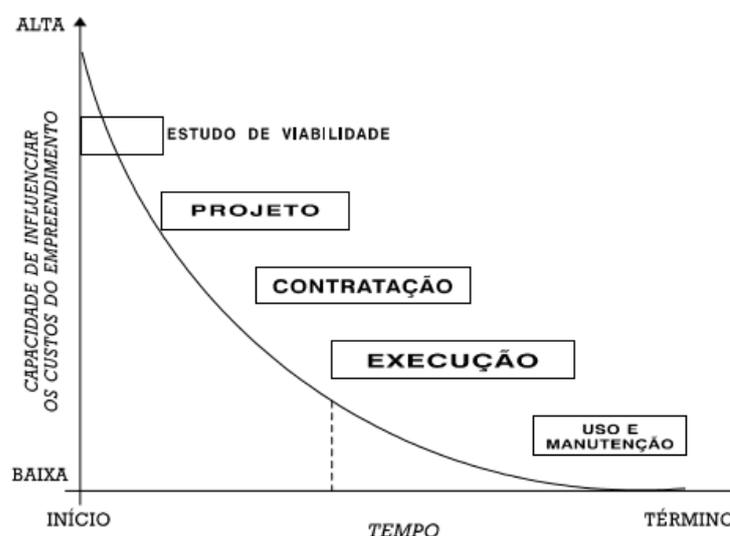
2.1.2 IMPORTÂNCIA DA ETAPA DE PRODUÇÃO DOS PROJETOS

A etapa de projeto é essencial para a execução de um produto final adequado. Nesta etapa, os objetivos a serem alcançados e as necessidades dos clientes são analisados, de forma a atingir uma execução correta e eficiente. É na etapa de projeto que ocorre a concepção e o desenvolvimento do produto,

¹ SILVA, E. *Uma introdução ao projeto arquitetônico*. 1. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/ UFRGS, 1984.

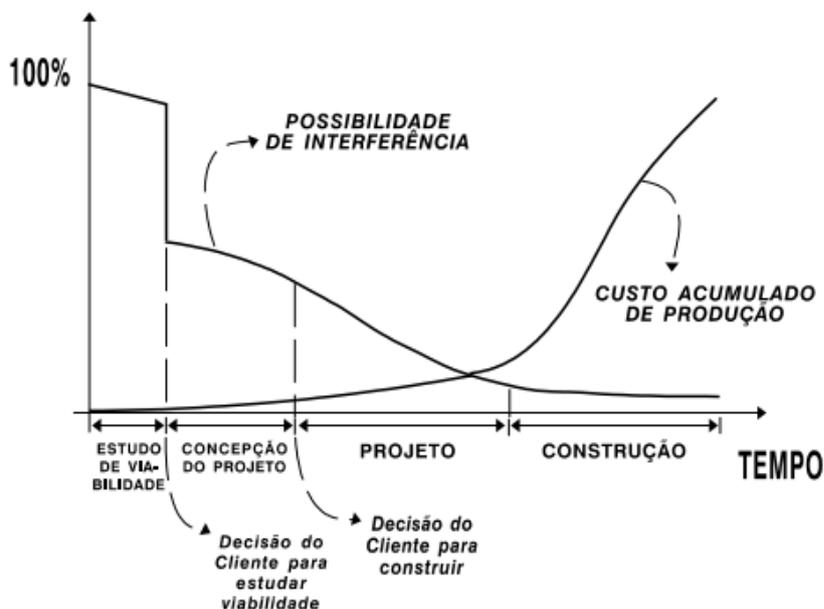
desenvolvendo os conteúdos relativos ao produto e ao processo de produção de forma inter-relacionada. Segundo Melhado e Agopyan (1995), o empreendedor, o construtor e o usuário de um produto podem ser considerados clientes, sendo necessária a consideração das necessidades de cada um. De forma a satisfazer estas necessidades, é indispensável a sua análise na etapa inicial do projeto, visando garantir a melhor solução para os clientes em questão. Nesta etapa são analisados fatores diversos, que vão desde a penetração do produto no mercado (empreendedor), à disposição do canteiro, sequência e forma de execução de cada atividade (construtora) e satisfação no uso do produto (usuário). Qualquer equívoco nestas análises poderá levar a erros e atrasos na etapa de execução e insatisfação dos clientes. Hammarlund & Josephson (1992)² apud Melhado e Agopyan (1995) mostra que as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento possuem maior peso e principal participação na redução dos custos de falhas do edifício (ver Figura 1 e Figura 2). Do estudo de viabilidade à conclusão do projeto concentram-se boa parte das chances de redução da incidência de falhas e dos respectivos custos.

Figura 1: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases (MELHADO E AGOPYAN, 1995)



² 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.

Figura 2: O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício (HAMMARLUND & JOSEPHSON³, 1992 apud MELHADO E AGOPYAN, 1995)



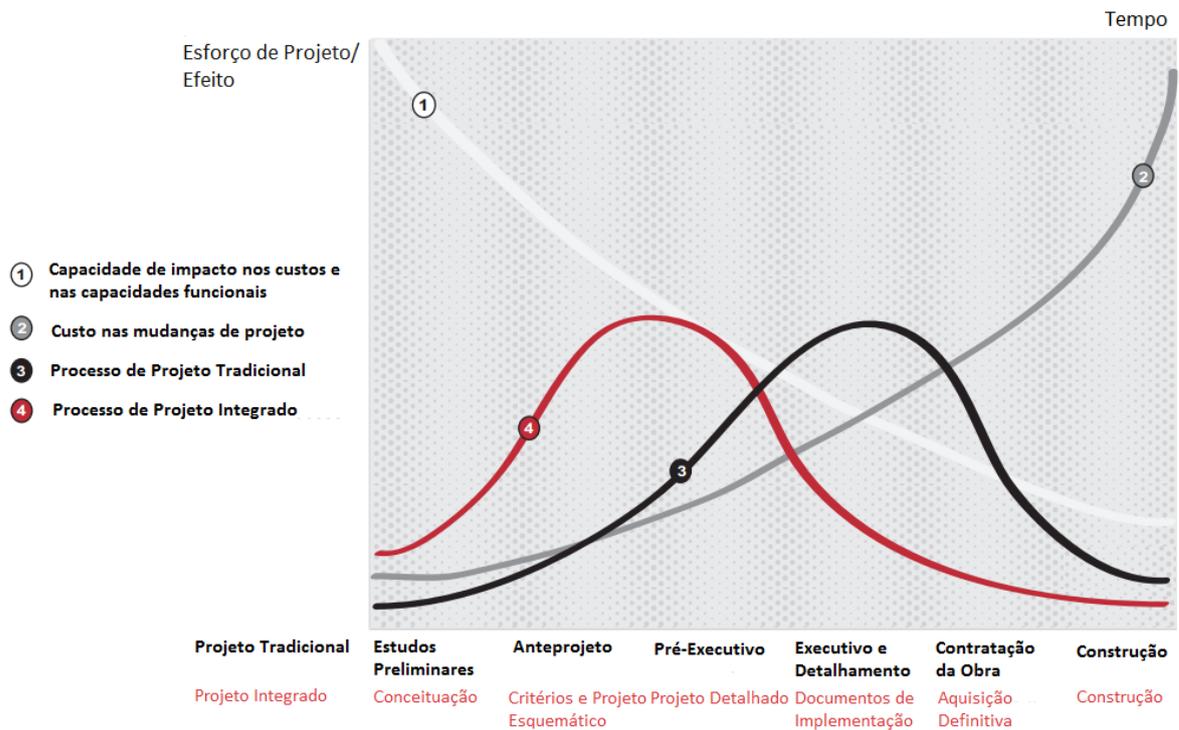
É essencial a correção de erros ou omissões em dados de projeto na fase inicial do empreendimento, para que não sejam necessárias alterações posteriores, já no processo de desenvolvimento de produto, que causarão maiores danos ao custo final do produto. Jacoski (2003) ao mencionar Finn (2000), diz: "Sua pesquisa indica que 45% das mudanças de direção na produção são ocasionados por evitáveis erros humanos. Quanto mais tarde estes erros forem corrigidos, maior será o custo despendido.

A Curva de MacLeamy é outro gráfico que ilustra o conceito de otimização da execução do produto através da produção de um projeto de qualidade (ver Figura 3). Além de evidenciar a importância da etapa de projeto, a Curva de MacLeamy estabelece uma comparação entre as formas de desenvolvimento do projeto de forma tradicional e de forma integrada, ou seja, com todos os profissionais trabalhando simultaneamente e em conjunto, com constante troca de informações. A metodologia utilizada no projeto integrado é a essência da metodologia BIM. O gráfico contém uma curva que representa os custos envolvidos no empreendimento ao se trabalhar com a forma tradicional de projetar e outra que representa os custos no empreendimento ao se desenvolver um projeto de forma integrada (metodologia e tecnologia BIM), além disso, mostra os impactos do projeto nos custos e a influência das mudanças de projeto nos custos e nas capacidades funcionais do

³ 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.

projeto, ao longo do tempo. As curvas mostram claramente que, no processo de projeto integrado, existe uma priorização da etapa de projeto, onde os principais custos utilizados no projeto são gastos nas etapas iniciais de concepção do mesmo, e a sua capacidade de economia é muito maior, já que qualquer mudança necessária no projeto terá um custo muito menor do que se teria nas etapas finais do projeto.

Figura 3: Curva de MacLeamy (MANZIONE, 2013)



Barros & Melhado (1993), mostram que na concepção atual dos profissionais do setor AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), o projeto de um edifício é, em geral, entendido como um ônus que o empreendedor deve ter antes do início da obra e como uma despesa a ser minimizada o quanto for possível, dada à falta de recursos financeiros necessários e suficientes para execução do empreendimento nesta fase, antes da aprovação do projeto junto aos órgãos competentes. Entretanto, como já falado e mostrado através dos gráficos, esta mentalidade leva a enormes perdas na qualidade, produtividade e custo do produto.

2.1.3 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS PROJETOS

Ao longo dos anos, a atividade de produção de projetos na construção civil passou por uma crescente especialização dos profissionais relacionados ao processo. Hoje, o processo de produção dos projetos na área AEC envolve muitas fases e profissionais de diferentes áreas, que dependem das informações uns dos outros ao longo do ciclo de vida do projeto. Segundo Oliveira (1999), o envolvimento de profissionais diversos em um mesmo processo produtivo, leva a problemas de comunicação, gerando várias interfaces entre projetos e decisões, evidenciando a necessidade de uma integração de informações direcionada para os diferentes profissionais. Jacoski (2003) apresenta uma definição primária de projeto como sendo um tipo de informação, que implica obrigatoriamente em comunicação.

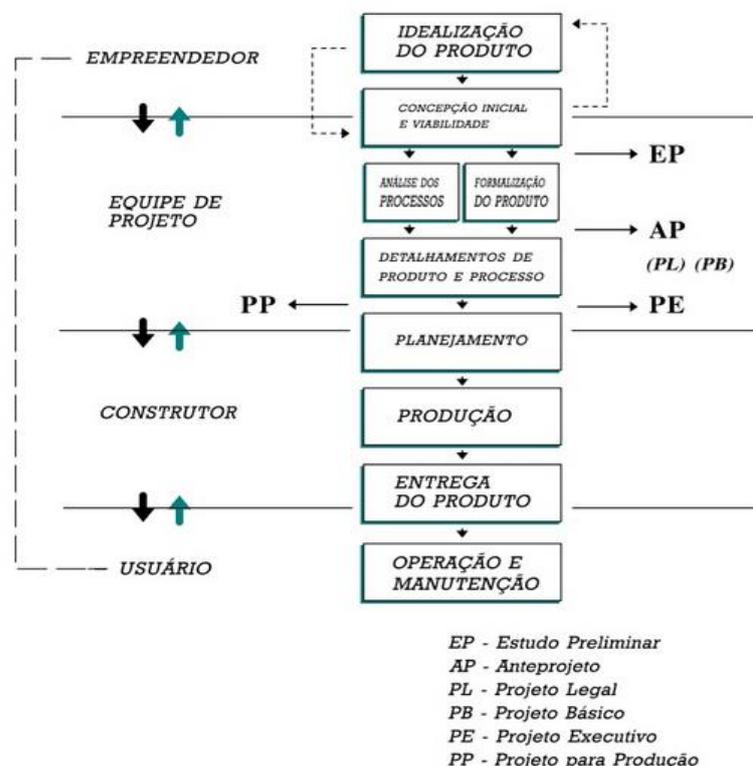
Na produção de um projeto existe uma sequência de etapas indispensáveis. A divisão destas etapas segue uma sequência cronológica que se dá por conta da dependência entre elas. Bottega (2012) observa que, por conta de prazos apertados, as empresas se veem obrigadas a suprimir ou sobrepor algumas etapas, interferindo na qualidade do projeto e do produto. Diversos autores como Melhado (1994), Bottega (2012), Melhado e Agopyan (1995), Kischel (2013), entre outros, analisam a produção de projetos como um processo de etapas progressivas, dividindo estas etapas da seguinte forma:

- **Idealização do Empreendimento:** envolve a identificação de necessidades, formulando um empreendimento com uma solução inicial que atenda a estas necessidades e restrições.
- **Análise de Viabilidade:** análise da solução inicial, através de critérios que contemplam aspectos de custo, tecnologia, adequação ao usuário e às restrições legais correspondentes. De acordo com as análises, serão propostas alternativas, até que seja encontrada a solução definitiva, a qual será traduzida em um Estudo Preliminar que servirá de ponto de partida para o desenvolvimento do projeto.
- **Anteprojeto:** formalização da solução adotada, culminando no anteprojeto.
- **Projeto Básico:** envolve o desenvolvimento do projeto, tomando como base o anteprojeto, desenvolvendo quantitativos, orçamentos, análises de equipe, produção e planejamento.

- Planejamento: programação de recursos humanos, materiais e financeiros, analisando as possibilidades de produção e adequando-as no melhor custo-benefício.
- Projeto Executivo: são analisadas as necessidades vinculadas aos processos de execução e elaborados os detalhes finais do produto, de forma a contemplar todos os detalhes necessários à execução da obra, dando origem ao Projeto para Produção.
- Execução: inclui o cumprimento das atividades programadas, de acordo com o planejamento e o Projeto para Produção, ocorrendo a modificação dos planos conforme necessário. Esta fase deve ocorrer com a assistência da equipe de projeto durante todo o período.
- Entrega: o produto é passado às mãos do usuário, que terá a assistência técnica da construtora na fase inicial de uso, operação e manutenção, onde serão coletadas informações para a retroalimentação necessária à melhoria contínua do processo.

As etapas mencionadas acima são exemplificadas na Figura 4 a seguir.

Figura 4: Processo de Desenvolvimento do Projeto, (MELHADO, 1994)



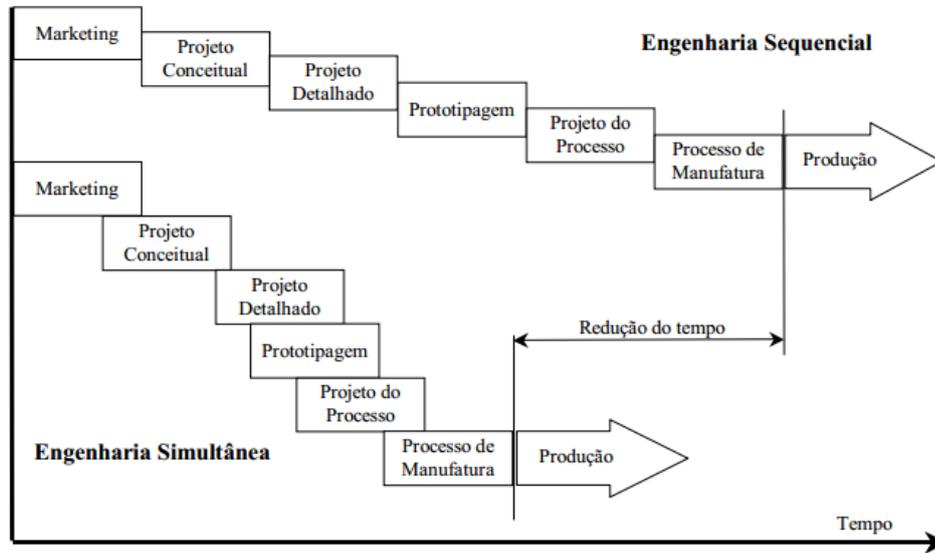
Sobre a criação destas etapas, Kischel (2013) comenta:

Dessa maneira, criou-se uma forma sequencial de se desenvolver o projeto, seguindo uma ordem cronológica baseada na interdependência de cada fase. O projeto passou a se dividir em blocos, onde cada agente se responsabiliza por sua especialidade.

Com essa aparente separação das atividades, não é raro se trabalhar com projetistas a partir de diferentes localidades, sem que haja muitas vezes efetiva comunicação entre as interfaces. Dessa separação entre os elementos que compõem o produto final, surgiu a necessidade de um novo interveniente responsável por coordenar essas atividades e compatibilizar as soluções, visto que uma mudança de projeto pode desencadear uma reação em cadeia, tornando necessário possíveis modificações em todos outros projetos que dele dependam.

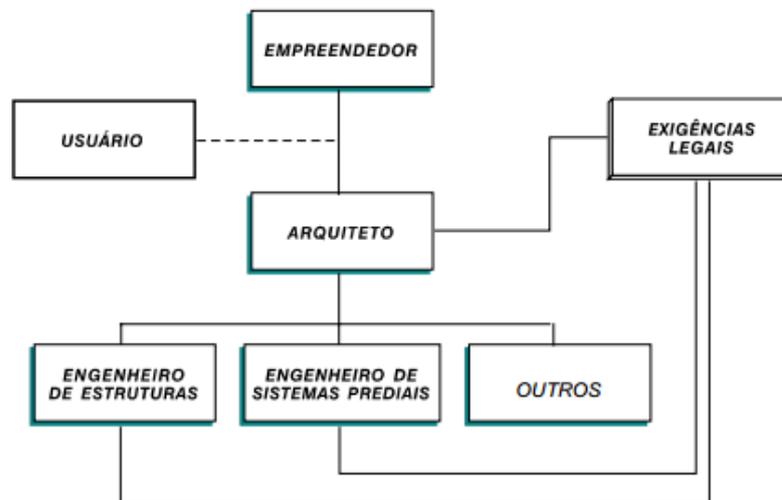
A tendência no processo de projeto hoje é a transição de etapas sequenciais de projeto para etapas simultâneas. Esta mudança é fruto da aplicação da Engenharia Simultânea ou Projeto Simultâneo, que é um modelo de gestão de desenvolvimento do produto, que possibilita a integração da produção e de todas as fases do projeto desde a sua concepção, considerando qualidade, custo, dentre outras necessidades do cliente. Esse processo de integração requer a formação de equipes multidisciplinares de projeto, onde os profissionais devem atuar em conjunto e de forma organizada. Para Callegari e Barth (2007), a engenharia simultânea valoriza o projeto e as primeiras fases de concepção do produto com foco na eficiência do processo produtivo e na qualidade do produto. O autor caracteriza a engenharia simultânea como a integração no projeto com as visões de diferentes agentes do processo de produção através da formação de equipes de projetos multidisciplinares. A Figura 5 a seguir, compara o modelo de produção de forma sequencial e de forma simultânea, evidenciando a redução no tempo de produção no novo modelo, por conta do paralelismo existente entre as fases do desenvolvimento do projeto.

Figura 5: Etapas de Projeto Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea (YAZDANI E HOLMES⁴, 1999, apud Back e Ogliari, 2000)



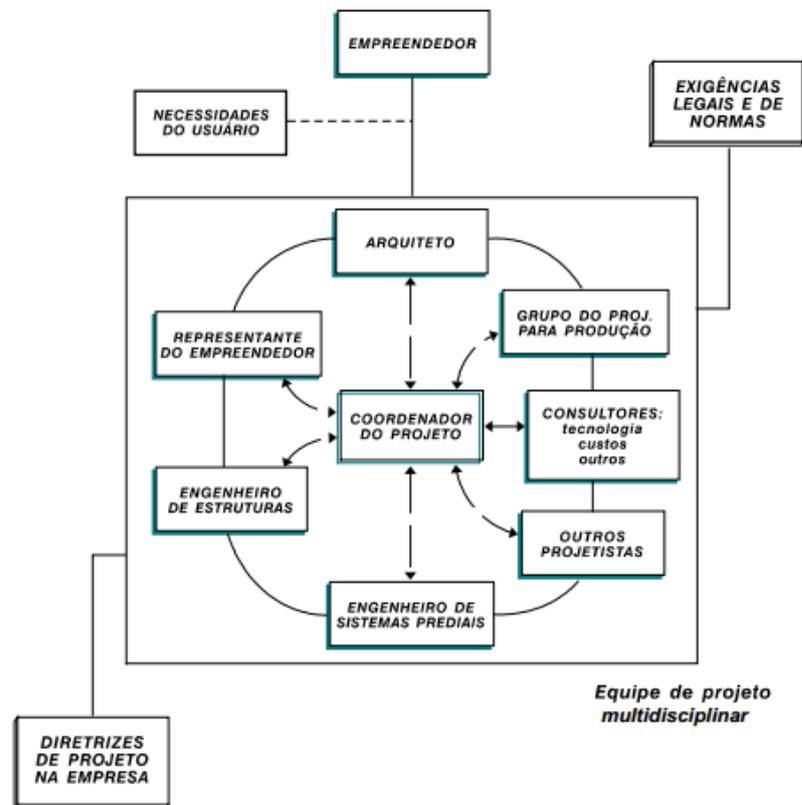
As figuras a seguir apresentam os arranjos das equipes de projeto tradicional (Figura 6) e de projeto integrado (Figura 7).

Figura 6: Arranjo da equipe de projeto tradicional (MELHADO, 1994)



⁴ YAZDANI, B.; HOLMES, C. *Four models of design definition: sequential, design centered, concurrent and dynamic*. Journal of Engineering Design, Vol 10, n. 1, 1999. pp. 25 - 37.

Figura 7: Arranjo da equipe de projeto integrado (MELHADO, 1994)



Com a necessidade da integração no processo de projeto, percebe-se a crescente necessidade de um profissional responsável pela coordenação, controle e verificação de todas as etapas que envolvem o projeto. O profissional responsável por tais atividades é comumente conhecido como o Gerente ou Coordenador de Projetos, que pode ser empregado da própria construtora ou contratado de uma empresa especializada nesta atividade. Segundo Bottega (2012), a coordenação de projetos possui duas principais atividades: gerenciamento e compatibilização. O gerenciamento consiste na coordenação do processo de projeto, englobando controle do planejamento e das atividades realizadas pelos projetistas, administração dos prazos de entrega, gerenciamento do processo de projeto como um todo. A compatibilização consiste na análise técnica do produto, identificando possíveis pontos de interferência entre os projetos e analisando a viabilidade das soluções e sistemas dimensionados.

Como visto, o processo de desenvolvimento do projeto envolve uma série de profissionais de diversas áreas, que irão influenciar diretamente no andamento do

projeto. Kischel (2013) faz uma lista de pessoas que podem de alguma forma influenciar o andamento do processo:

- Profissionais de projeto das várias especialidades
- Profissionais das empresas construtoras (engenheiros de produção, planejamento, suprimentos, etc.)
- Agentes da promoção do empreendimento
- Órgãos públicos
- Incorporadoras
- Consultores
- Clientes
- Usuários

A dificuldade na coordenação do processo de projetos hoje vem justamente desta dificuldade de comunicação entre tantos intervenientes. Kischel (2013) comenta que historicamente na construção civil no Brasil, o processo de projeto não vem recebendo a atenção devida. Entretanto, este é um cenário que vem se alterando aos poucos, devido principalmente às exigências cada vez maiores por qualidade, sendo essencial que as empresas que queiram se manter competitivas no mercado se adéquem a esta nova e essencial tendência.

Visando otimizar a produção de um projeto, deve-se entender e analisar o seu processo de produção e os possíveis pontos de melhora. No desenvolvimento do conjunto de projetos de uma obra, o projeto arquitetônico é tomado como base para a produção dos projetos restantes, sendo o profissional de arquitetura responsável por produzir o molde em que os profissionais das outras áreas irão trabalhar. Entretanto, cada especialidade relacionada à produção de um projeto exige um aplicativo computacional diferente. Assim, as informações necessárias a cada área, deverão ser repassadas de um programa para outro.

A constante mudança que ocorre nos projetos ao longo de sua produção, muitas vezes devido a adequação às necessidades do cliente, torna as trocas de informações entre as diferentes especialidades um processo trabalhoso. Qualquer mudança que ocorra no projeto arquitetônico, por exemplo, desencadeará uma série de mudanças em todas as outras áreas relacionadas à produção do projeto e, mais uma vez, as novas informações terão que ser repassadas de um aplicativo para outro. Este processo repetitivo de mudanças no projeto e conseqüente geração de novas informações nos aplicativos, associado a uma comunicação ineficiente entre

as diferentes áreas de um projeto, leva a um ciclo de produção falho, resultando em projetos não compatibilizados e que não atendem de forma completa às necessidades do cliente.

Uma das tecnologias do BIM que o diferencia das ferramentas de CAD utilizadas atualmente é a interoperabilidade entre os diferentes aplicativos utilizados. A interoperabilidade é a capacidade que um aplicativo computacional tem, de identificar os dados necessários nos aplicativos computacionais de origem. Desta forma, qualquer mudança ocorrida em uma das áreas relacionadas ao projeto, será automaticamente identificada nos programas de todas as outras áreas. Elimina-se assim, a necessidade de réplica de dados de entrada que já tenham sido gerados, facilitando o fluxo de trabalho entre as diferentes especialidades. A interoperabilidade mostra-se uma tecnologia imprescindível para o desenvolvimento de uma produção integrada, facilitando a compatibilização dos projetos, minimizando as possibilidades de erros e assim, atendendo de forma mais completa às necessidades dos clientes.

2.2 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

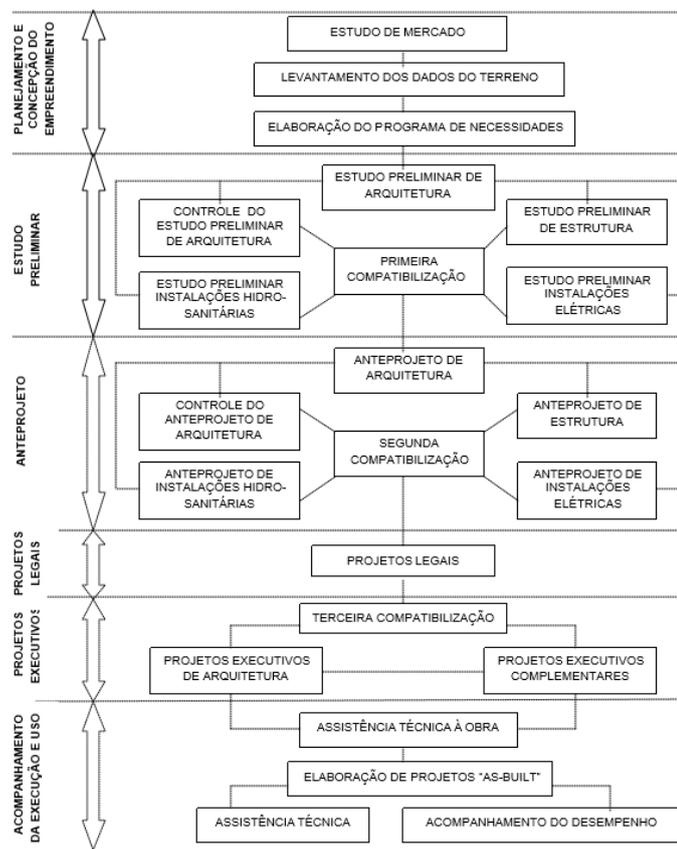
A compatibilização de projetos consiste na verificação das interferências existentes entre os diversos projetos de um empreendimento. Esta atividade realiza a sobreposição dos diferentes projetos de uma obra, relacionando as soluções encontradas em cada projeto, de forma a atingir a integração perfeita entre eles. As interferências encontradas devem ser solucionadas, levando à produção de um projeto final inteiramente compatibilizado e sem interferências. É essencial que estas interferências sejam identificadas durante a etapa de projeto, de forma a evitar imprevistos e retrabalhos na fase de execução da obra. No Brasil, existe uma cultura de priorização da fase de construção, colocando o projeto em segundo plano e, como consequência, levando a prejuízos que poderiam ser evitados através de uma compatibilização dos projetos prévia à fase de construção.

O site Comunidade da Construção fornece a seguinte definição de compatibilização de projetos:

A compatibilização de projetos é uma forma de analisar os diversos projetos, procurando solucionar interferências que não devem ser resolvidas durante a execução da obra. Ela permite a integração das soluções adotadas para os diversos subsistemas. A compatibilização dos projetos de um edifício tem por função principal a integração das soluções adotadas nos projetos de arquitetura, estrutura, instalações prediais, vedações, esquadrias, impermeabilização, contrapiso etc., assim como nas especificações técnicas para a execução de cada subsistema.

Segundo Melhado et al. (2005)⁵ apud Sena (2012), a compatibilização deve ocorrer após a concepção dos projetos, funcionando como uma “malha fina”, onde erros possam ser detectados antes da execução. Em contrapartida, para Rodríguez e Heineck (2003), a compatibilização é uma atividade que deve ser realizada ao longo da produção do projeto, em cada uma das etapas: estudos preliminares, anteprojeto, projetos legais, projeto executivo, como pode ser visto na Figura 8 a seguir.

Figura 8: Compatibilizações ao longo do processo de projeto (RODRIGUEZ E HEINECK, 2003)

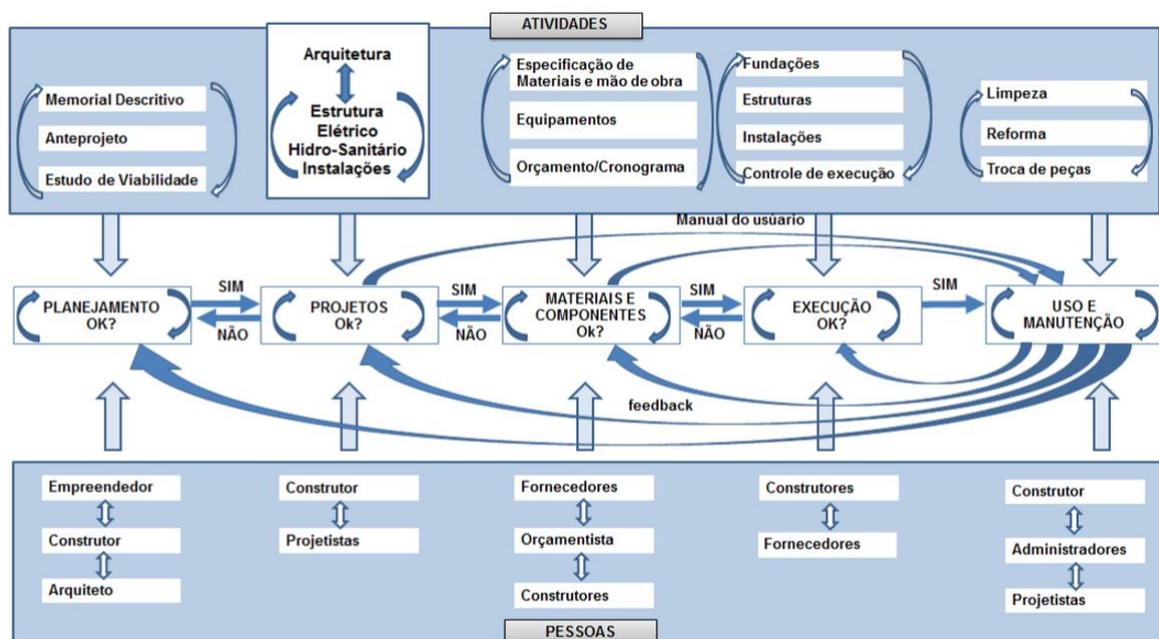


⁵ MELHADO, S. B. et al. *Coordenação de Projetos de Edificações*. O Nome da Rosa. São Paulo, 2005.

O processo de projeto adotado na metodologia BIM, segue o modelo apresentado na Figura 8, associando ao processo de projeto simultâneo e aumentando o número de compatibilizações, que deverão ser realizadas constantemente. A

Figura 9 a seguir apresenta um modelo de compatibilização em um processo de projeto simultâneo evidenciando a necessidade de revisões em todas as etapas do processo.

Figura 9: Gerenciamento de compatibilização de projetos em empreendimentos de construção civil (SANTOS et al., 2013)



Para muitos autores, a compatibilização dos projetos é uma função do coordenador de projetos, enquanto para outros é uma atividade que exige um trabalho conjunto de todos os projetistas envolvidos no processo. Melhado et al. (2005)⁶ apud Sena (2012) ressalta a necessidade de diferenciar as atividades de coordenação e compatibilização de projetos. Segundo Bottega (2012), cabe ao coordenador de projetos atestar a compatibilidade entre os diversos sistemas e soluções dimensionados, analisando a sua aplicabilidade em campo e conforme os requisitos dos clientes.

Callegari e Barth (2007) definem a compatibilização de projetos como uma forma de integrar os projetos, alcançando o perfeito ajuste entre os mesmos e evitando erros, perda de qualidade e custos adicionais, como mostrado na citação a

⁶ MELHADO, S. B. et al. *Coordenação de Projetos de Edificações*. O Nome da Rosa. São Paulo, 2005.

seguir. Os autores ainda ressaltam a importância do papel do coordenador de projetos e do envolvimento dos projetistas no processo e mencionam a facilidade proporcionada pelas ferramentas de análise de interferências.

A compatibilização compõe-se em uma atividade de gerenciar e integrar projetos afins, visando o perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade da obra. Busca-se assim a otimização e a utilização de materiais, tempo e mão de obra, bem como as posteriores manutenções. Compreende, também, a ação de detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistências geométricas entre os subsistemas da edificação. A análise da compatibilização dos projetos parte do projeto arquitetônico e engloba os demais projetos complementares. A falta de compatibilização de projetos pode induzir a erros e a custos adicionais, podendo-se levar a decisões que sejam tomadas indevidamente durante a obra, em detrimento da qualidade do produto e da eficácia do processo.

Segundo Sousa Jr et al. (2014), a definição para a compatibilização de projetos está relacionada ao bom desempenho do projeto em termos de tempo custo e qualidade. Maia et al. (2014), define a compatibilização de projetos como uma atividade que torna os projetos compatíveis, estabelecendo soluções integradas entre as diversas áreas que tornam um empreendimento factível.

Neste trabalho, entende-se a compatibilização como forma de solucionar as interferências encontradas entre os projetos, de forma a evitar erros, retrabalhos, perda de qualidade, custos adicionais, dentre outras falhas advindas da falta de compatibilização dos projetos antes da fase de construção do empreendimento.

Um grande problema existente na construção civil brasileira é a priorização da etapa de construção em detrimento da etapa de projeto. Tal situação leva ao desenvolvimento de projetos falhos, que não atendem às necessidades do empreendimento como um todo, gerando falhas, retrabalhos, atrasos e custos adicionais à construção. Na maioria dos casos, os projetos são entregues aos engenheiros de execução após o início da obra, que, inicialmente, executam a obra sem uma orientação direta do projeto. Este quadro desencadeia uma série de erros que só tendem a onerar e atrasar a entrega do empreendimento, além de reduzir a qualidade do produto. A necessidade da priorização das etapas de projeto advém da

urgência em eliminar as falhas geradas pela inexistência de projetos de qualidade. É necessária uma maior conscientização dos profissionais, de forma a atribuírem maior importância aos projetos do empreendimento.

A falta de compatibilização dos projetos é um dos principais motivos da baixa qualidade dos projetos entregues às obras. Interferências identificadas apenas na etapa de execução são responsáveis por atrasos e retrabalhos, que poderiam ser evitados com a compatibilização prévia dos projetos. Um fator que contribuiu para o crescimento da incompatibilidade entre os projetos foi a fragmentação das etapas de projeto e das funções dos profissionais do setor AEC. O crescimento do fluxo de trabalho gerou uma maior especialização dos profissionais, que passaram a executar atividades cada vez mais específicas. Segundo Mikaldo Jr e Scheer (2007), faz-se necessária a coordenação e compatibilização dos projetos, devido à segmentação das etapas do desenvolvimento dos projetos, gerada pela evolução da tecnologia e hábitos modernos que levou à complexidade dos produtos da construção e prejudicou a comunicação e a integração das equipes.

Santos (2013) afirma que a necessidade da compatibilização de projetos é clara, como mostrado na citação a seguir:

A construção de qualquer edificação exige uma série de projetos – topográfico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, de refrigeração, arquitetônico, entre outros. Na maior parte dos casos, esses projetos são feitos separadamente, o que aumenta as chances de conflito se o problema for identificado apenas durante a obra. Isso exige alterações de última hora ou até a quebra de estruturas já construídas para adaptação. A compatibilização consiste justamente em sobrepor da melhor forma possível todos os projetos antes do início da construção, evitando o retrabalho.

2.3 FERRAMENTAS DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

A compatibilização de projetos pode ser realizada por diferentes maneiras, sendo necessárias ferramentas que viabilizem a sua execução. Sobre estas formas de execução, Nascimento (2013) comenta: “Estas ferramentas podem ser chamadas de “Técnicas de Compatibilização”, e são estratégias adotadas que facilitam o

trabalho do profissional responsável pela compatibilização”. No processo tradicional de compatibilização utiliza-se do coordenador de projetos, profissional responsável, dentre outras funções, por realizar a troca de informações relevantes entre os diferentes projetistas. Neste processo, a troca de informações via telefone é muito comum, sendo uma comunicação falha, que não oferece o registro das informações passadas. A comunicação também pode ser realizada via e-mail, possibilitando o registro das informações. Entretanto, muitos profissionais não verificam seus e-mails a tempo, tornando o e-mail uma comunicação ineficaz. Portanto, faz-se necessária uma cobrança constante por parte do coordenador do projeto, para obter as atividades passadas para cada projetista e para sanar as incertezas em relação às definições realizadas por cada profissional. A seguir são apresentadas algumas técnicas utilizadas para facilitar a compatibilização dos projetos.

- Extranets

Visando a utilização de uma ferramenta mais colaborativa, surgiram as extranets de projeto. A extranet caracteriza-se como uma rede que permite a constante atualização e disponibilidade das informações para todos os intervenientes do projeto. Na extranet, a comunicação no projeto se desenvolve através de e-mails ou transferência de arquivos e as possibilidades de acesso para cada usuário são individualizadas e controladas. Segundo Nascimento (2013), as extranets, além de suprirem as necessidades interorganizacionais, possuem a função de um arquivo virtual, que pode funcionar como o banco de dados de uma construção. De acordo com Sousa (2010), o funcionamento da extranet está baseado no uso de um ambiente da web exclusivo para o desenvolvimento do projeto, onde o coordenador do projeto e uma equipe multidisciplinar de projetistas podem armazenar, visualizar e alterar arquivos relacionados ao projeto de forma controlada. É essencial que exista uma efetiva coordenação do processo, tendo em vista que a extranet possibilita uma maior rapidez no fluxo de informações, caso contrário, podem surgir dificuldades para o desenvolvimento dos projetos de cada especialidade, advindas de excesso, desorganização ou carência das informações transmitidas. Os sistemas extranet possuem recursos que podem evitar esta sobrecarga de informação para seus usuários. Através de um controle de permissões de acesso a documentos por seus usuários, o coordenador de um empreendimento define quais arquivos devem ser acessados pelos projetistas

(visualizar, alterar e transferir para o sistema). Isto diminui a sobrecarga de informações que os projetistas teriam se fosse a eles permitido ver as centenas ou milhares de documentos gerados em um empreendimento. O coordenador de projetos passa a ser um supervisor do funcionamento da extranet, gerenciando as informações presentes na extranet e analisando a necessidade de reuniões com a participação direta de todos os profissionais. Desta forma, o coordenador de projetos assume um papel de extrema importância, já que, com seu auxílio, se torna possível melhor selecionar e distribuir as informações. No Brasil, são muito utilizados as extranets do tipo FTP (File Transfer Protocol ou Protocolo de Transferência de Arquivos), entretanto, este modelo não é suficiente para o perfeito funcionamento do modelo BIM. As extranets FTP não são capazes de gerenciar os processos de projeto e de fato não foram projetadas para tal, funcionando como simples repositórios de informações. As trocas de informações usando esta tecnologia são bastante focadas nas trocas de arquivo, restringindo o trabalho simultâneo e impondo o projeto sequencial. Para o perfeito funcionamento da metodologia BIM, é necessário que os dados sejam capazes de fluir livremente por diferentes plataformas e tecnologias, possibilitando que cada um dos membros da equipe receba os dados e informações no momento e estágio necessários, permitindo-lhes executar sua parte no processo. Além disso, é necessária uma verdadeira colaboração entre os projetistas, permitindo a compatibilização dos projetos desde sua concepção, e não apenas pelo simples compartilhamento de arquivos. Desta forma, através da colaboração de todos os projetistas desde a etapa inicial do projeto, é possível encontrar soluções conjuntas, que satisfaçam às necessidades de duas ou mais especialidades, atendendo de forma mais completa às necessidades do empreendimento.

- Sobreposição de Projetos

De acordo com Nascimento (2013), a sobreposição de projetos é uma técnica de apoio à coordenação, utilizada para verificar a compatibilidade entre projetos de diversas especialidades. A sobreposição dos projetos permite a identificação das interferências a olho nu. Segundo o autor, ainda persiste o uso de técnicas relativamente atrasadas para realização da sobreposição dos projetos, comparando prancha por prancha e detectando visualmente as incompatibilidades. A sobreposição dos projetos pode ser realizada em pares de disciplina para facilitar a

visualização e identificação das interferências (arquitetura x estrutura, arquitetura x instalações, estrutura x instalações, etc). Tal processo pode ser realizado com o auxílio do CAD 2D, o que não o torna menos difícil, cansativo e passível de falhas, já que, muitas vezes, o profissional pode passar por alguma interferência e não identificá-la, já que possui uma visão espacial restrita. Atualmente, existem ferramentas que podem facilitar a sobreposição dos projetos, através da utilização de modelos 3D. Os softwares da Autodesk como o Revit e o NavisWorks executam a sobreposição dos projetos no modelo 3D, permitindo a sobreposição dos itens escolhidos pelo projetista, como pilares *versus* dutos ou janelas *versus* tomadas, por exemplo.

Os projetos modelados em BIM são executados em plataformas distintas, sendo posteriormente, condensados em um modelo único. Segundo Sena (2012), a detecção de interferências, no modelo BIM, ocorre durante a modelagem do projeto e após a junção dos componentes das diferentes disciplinas de projeto. Por se tratar de um ambiente tridimensional e paramétrico, as interferências e erros são vistos com maior facilidade, rapidez e automação. A possibilidade de geração de cortes e vistas diversas em qualquer ponto do modelo também auxilia na detecção visual de problemas, fato que não é possível em projetos em CAD 2D.

- Lista de Verificação ou *Checklist*

As listas de verificação de compatibilização de projetos são importantes ferramentas para a coordenação de projetos. Os *checklists* devem ser atualizados de acordo com cada especialidade e preenchidos à medida que as pendências ou incompatibilidades são resolvidas. Nascimento (2013) fornece uma descrição das listas de verificação, chamadas pelo autor de listas de checagem:

Uma lista de checagem é uma ferramenta utilizada na coordenação de projetos que tem como objetivo a revisão das atividades do projeto, em todas as suas etapas. Como o próprio nome enuncia trata-se de uma lista referente a informações que devem ser lembradas e checadas pelo responsável a tal atividade. Muitas vezes auxilia como método de prevenção de problemas ou interferências antes da obra ser iniciada, pois a lista possui todos os requisitos necessários para minimizar ou até mesmo eliminar possíveis erros no projeto, e ao inter relacionar cada especialidade, os

requisitos são então repassados. No geral, as listas de checagem são elaboradas baseadas em erros já ocorridos e experimentados, o que aumenta ainda mais a sua credibilidade. Através desta experiência é possível utilizar soluções que tiveram sucesso no passado para o presente.

As ferramentas de compatibilização de projeto do software Revit apresentam uma espécie de *checklist*, que apresenta duas colunas com os itens presentes nos projetos. Os itens que farão parte da verificação de interferências devem ser selecionados para que a verificação seja realizada. A partir da verificação é gerado um relatório com as interferências encontradas, que pode ser utilizado para gerenciar as interferências à medida que os conflitos são resolvidos. As listas de verificação são, portanto, uma ferramenta auxiliar, que ajuda a gerenciar o processo de compatibilização de projetos.

2.4 INTERFERÊNCIAS

A verificação de interferências através de modelos automatizados como o BIM, permite a execução da atividade de forma mais rápida e eficaz. Entretanto, alguns processos de verificação podem ser bastante demorados, por conta do grande número de interferências que pode ser encontrado, incluindo interferências que podem ser de baixa relevância para o estudo. Visando otimizar este processo, é necessária a identificação das interferências mais recorrentes e relevantes para o estudo. De acordo com Sena (2012):

Visando otimizar o processo de identificação de interferências e falhas de projetos, se faz necessário o conhecimento prévio dos principais problemas comumente encontrados na etapa de compatibilização. Esse conhecimento traz maior eficiência e velocidade ao processo de identificação, possibilitando que elementos específicos que costumam apresentar interferências sejam confrontados. Essa revisão serve como parâmetro e elemento de partida norteador para a busca de potenciais problemas existentes no modelo.

Existem alguns itens que são interferências recorrentes dentre os diversos projetos. A seguir estão representados alguns exemplos das principais interferências encontradas nos projetos de instalações elétricas. As informações e imagens a seguir foram retiradas do site da Comunidade da Construção e de Sousa (2010):

1. Estrutura x Instalações

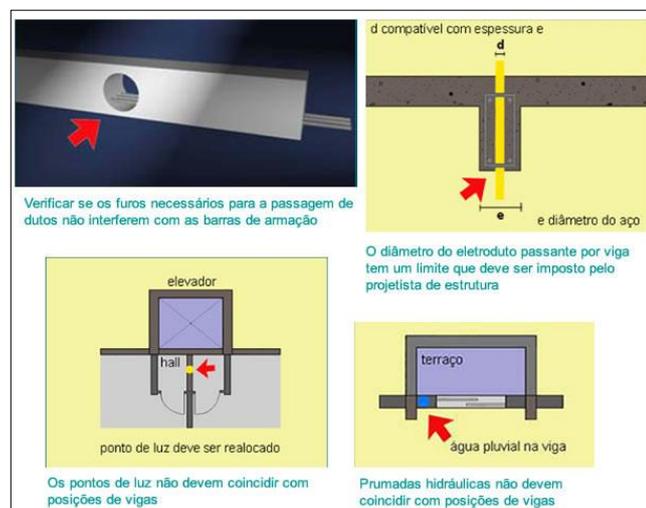
Nos projetos estruturais, as interferências mais comuns são relativas à passagem de tubulação por vigas e pilares, sem o dimensionamento prévio do furo de passagem. Outro problema recorrente é o posicionamento de elementos elétricos em pilares.

• Vigas

- Compatibilizar os furos previstos nos diversos projetos, locando-os e marcando-os com exatidão no projeto estrutural
- Verificar se estes furos não interferem nas armaduras ou estão com dimensões compatíveis com a altura da viga
- Verificar as espessuras de eletrodutos passantes nas vigas até o limite imposto pelo calculista
- Locar e verificar se os pontos de luz no teto não coincidem com posições de vigas

A Figura 10 a seguir apresenta algumas medidas necessárias para evitar as interferências citadas.

Figura 10: Compatibilização das Vigas de um Projeto de Estruturas com um Projeto de Instalações (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO)



- Lajes
 - Prever na fôrma, assim que o projeto de instalações definir a locação exata das passagens de prumadas e *shafts*
 - Verificar se na espessura projetada da laje “cabem” as tubulações embutidas e as armações positiva e negativa
 - Verificar todos os rebaixos criados nas lajes considerando as tubulações embutidas

2. Arquitetura x Instalações

Dentre as incompatibilidades mais comuns encontradas entre estas disciplinas, está o posicionamento dos elementos elétricos em locais impróprios, como em esquadrias ou atrás de portas. Outro problema recorrente é o posicionamento das tomadas em locais distintos dos que foram projetados no projeto arquitetônico.

- Alvenaria
 - Posicionamento das tomadas de força nos locais definidos pela arquitetura
 - Verificar existência de alvenaria
 - Verificar posicionamento de interruptores e tomadas de força em locais impróprios

A seguir são apresentadas algumas figuras (Figura 11 e Figura 12) exemplificando as interferências citadas.

Figura 11: Posicionamento de tomadas em locais onde não existe parede (SOUSA, 2010)

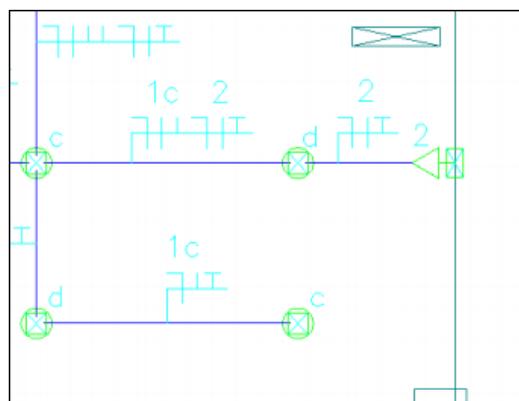
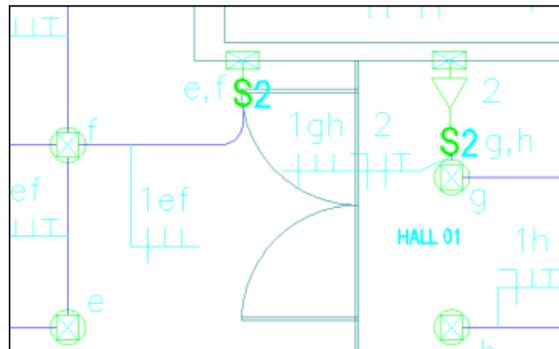


Figura 12: Posicionamento do interruptor atrás da porta (SOUSA, 2010)



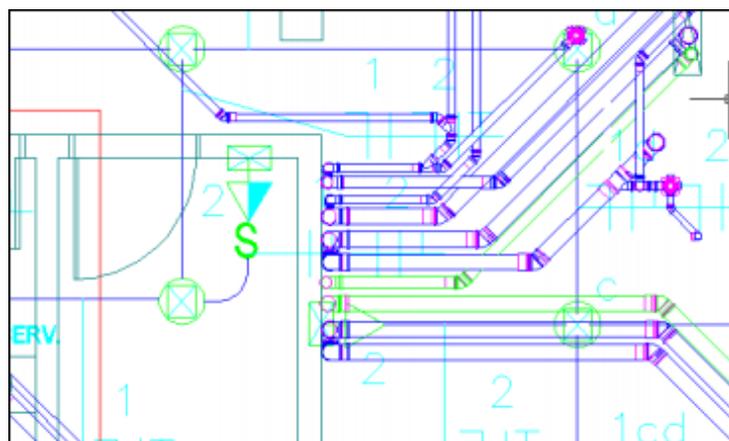
3. Instalações x Instalações

Nos projetos de instalações é essencial atentar-se para os traçados das diferentes tubulações. É comum a ocorrência de locais com mais tubulações do que o espaço disponível é capaz de suportar, levando a execuções precárias e confusas nas obras.

- Lajes/ Forros
 - Verificar as rotas de passagem das diferentes instalações
 - Verificar o espaço disponível para as tubulações

A Figura 13 a seguir apresenta algumas medidas necessárias para evitar as interferências citadas.

Figura 13: Tomadas e pontos de luz em conflito com tubos de queda e ventilação (SOUSA, 2010)



2.5 BIM

2.5.1 CONCEITO E DEFINIÇÃO

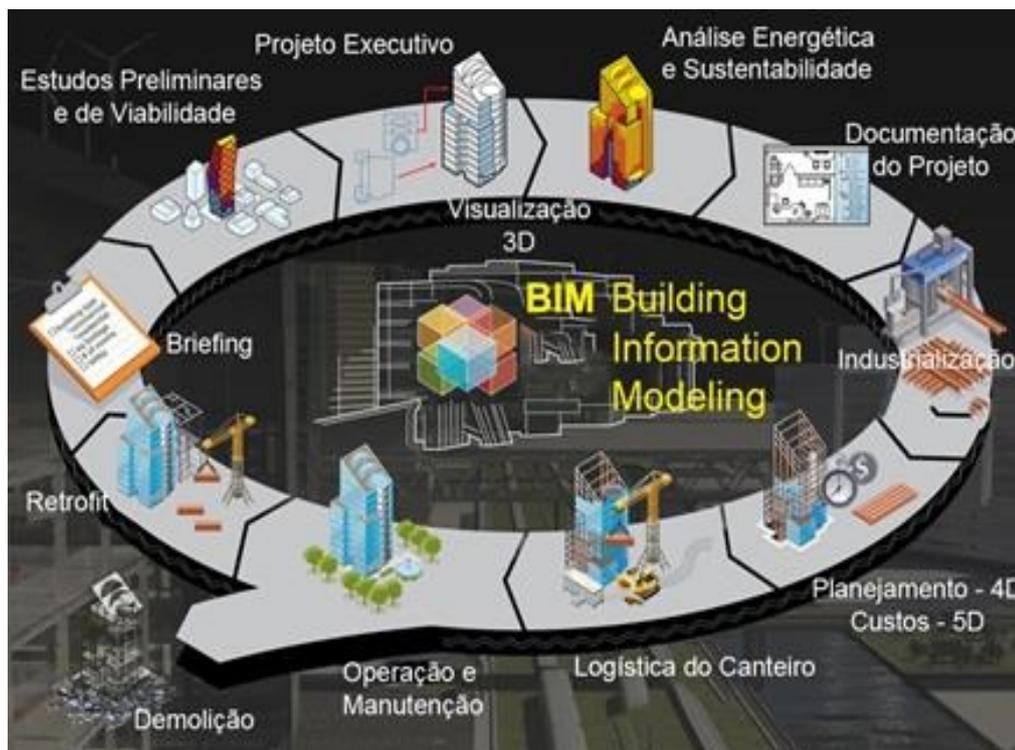
Building Information Modeling (BIM), ou em português, Modelagem da Informação da Construção, é considerado como a próxima geração do CAD, que significa Computer Aided Design, ou em português, Desenho Auxiliado pelo Computador. O CAD, software atualmente mais utilizado pelos engenheiros e arquitetos, é utilizado basicamente no desenho dos projetos, e é neste ponto que o BIM oferece sua maior diferenciação, por ser uma ferramenta onde o mais importante não são os desenhos, mas a informação.

Paulo Sullivan, Gerente Sênior de Relações Públicas da Autodesk, define o BIM:

Building Information Modeling (BIM) é um processo integrado para explorar características físicas e funcionais de um projeto, digitalmente, antes de ser construído, ajudando a entregar projetos de forma mais rápida e econômica, além de minimizar o impacto ambiental. [...] Informações coordenadas e consistentes são usadas em todo o processo para conceber projetos inovadores, com melhor visualização e simulação da aparência real, desempenho e custo, e criar uma documentação mais precisa.

Há um conjunto de programas que fazem parte do modelo BIM. Quando usados em conjunto, os diversos softwares ajudam os designers a criar um modelo 3D digital de um edifício, ao mesmo tempo em que fornece informações 4D (coordenando programações e resolvendo questões de tempo) e informações 5D (incorporando a estimativa de custos). O BIM está associado a todas as etapas do projeto, desde a concepção até o uso e disposição final. A Figura 14 a seguir representa um ciclo de produção com todas as etapas que podem ser envolvidas com o uso do BIM.

Figura 14: Atividades relacionadas ao BIM (DIRECTIONS MAGAZINE)



O BIM é uma ferramenta que consiste na criação e no gerenciamento de informações do projeto de uma construção em todo o seu ciclo de vida. O acréscimo de dados por parte de todos os membros da equipe envolvida no processo, cria um ciclo de feedback que agiliza a entrega do projeto. O uso deste software, visa levar à prática de projeto integrada, canalizando os esforços de todos os profissionais envolvidos para a construção de um modelo único da edificação, que contém todas as informações necessárias ao projeto. Todos os envolvidos no processo devem trabalhar de forma simultânea e integrada, com uma constante troca de informações para a construção do modelo de forma completa e harmônica, como representado na Figura 15. Esta prática integrada entre as equipes do projeto é possível devido à integração da informação entre aplicativos computacionais, utilizados por diferentes profissionais de projeto, a chamada interoperabilidade. É possível, desta forma, eliminar redundância de dados, reentrada de dados, perda de dados, falta de comunicação, entre outros problemas tão presentes no processo de produção de projetos.

Figura 15: O modelo compartilhado na plataforma BIM (NEDERVEEN et al., 2010⁷ apud MANZIONE, 2013)



No BIM, a partir do momento em que se desenha uma peça arquitetônica, toda a informação necessária para sua representação, análise construtiva, quantificação, execução, determinação dos tempos de mão de obra, desde a fase inicial do projeto até a conclusão da obra, se encontra associada a cada um dos elementos desta peça.

Isto é possível por conta da chamada modelagem paramétrica, que permite incorporar propriedades não geométricas e características próprias aos objetos representados, como uma parede, por exemplo. Abrange informações espaciais, geográficas, quantitativas, detalhes dos materiais construtivos, bem como dados do planejamento e orçamento da obra, sendo possível, com estas informações, simular o planejamento, o projeto, a construção e a operação de uma obra ao longo do tempo. É, portanto, considerada uma ferramenta 5D, já que além da representação tridimensional do projeto, engloba a quantificação de todo o processo e seus respectivos planejamento e orçamento.

⁷ NEDERVEEN, S.; BEHESHTI, R.; GIELINGH W. *Modelling concepts for BIM. Building information modelling and construction informatics - concepts and technologies*. New York: Information Science Reference, 2010, Capítulo 1, p. 1-15.

O BIM é um software que permite a modelagem virtual de um elemento com todas as suas características, geométricas e não geométricas, que ao serem reunidas, facilitam o gerenciamento, projeto, construção, operação e manutenção desse elemento por todos os profissionais envolvidos no processo.

2.5.2 PANORAMA DO BIM

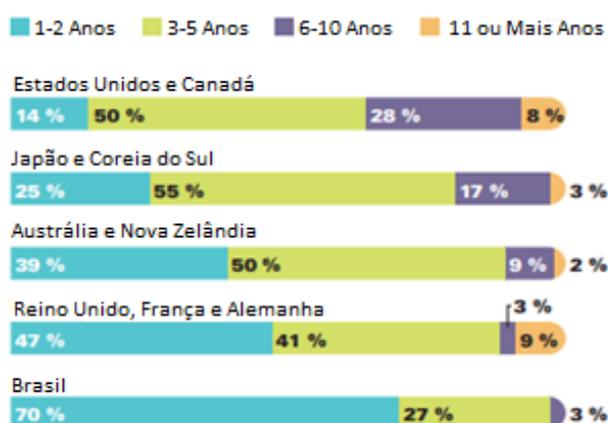
A Smart Market lançou, no início do segundo semestre de 2014, um relatório internacional publicado pela McGraw Hill Construction, sobre o uso do BIM nas maiores indústrias da construção no mundo. O relatório baseia-se na investigação realizada pela McGraw Hill Construction sobre BIM em mercados individuais e visa demonstrar as tendências do BIM a nível mundial. O estudo foi feito com dados coletados de empresas de construção que utilizam o BIM para melhorar a produtividade, eficiência, qualidade, segurança e sua própria competitividade. As pesquisas foram realizadas nos países com os maiores mercados de construção do mundo: Austrália, Brasil, Canadá, França, Alemanha, Japão, Nova Zelândia, Coreia do Sul, Reino Unido e EUA. A seguir, um trecho retirado do relatório.

O uso de BIM está acelerando fortemente, impulsionado pelos grandes proprietários privados e governamentais que querem institucionalizar seus benefícios de entregas de projeto mais rápidas e precisas e de qualidade e custo mais confiáveis. Mandatos do BIM emitidos nos Estados Unidos, Reino Unido e outras entidades governamentais, demonstram o quão esclarecidamente os proprietários podem definir metas específicas e capacitar as empresas de projeto e construção a utilizar as tecnologias BIM para atender e ultrapassar essas metas, também dirigindo o BIM para uma posição mais ampla de projeto neste processo.

O relatório apresenta parâmetros que mostram a difusão do BIM ao redor do mundo. Mostra que a tecnologia BIM foi inicialmente desenvolvida na Europa, e possui 12% dos contratantes usando BIM durante seis anos ou mais, na França, Alemanha e Reino Unido. No Reino Unido, 19% dos contratantes afirmam ter experiência de mais de 10 anos com o BIM. A adoção do BIM entre os contratantes

na América do Norte tem crescido dramaticamente nos últimos anos, atingindo 70%, de acordo com a pesquisa da McGraw Hill Construction em 2012. Mais de um terço (36%) dos contratantes usando BIM nos EUA e Canadá têm seis ou mais anos de experiência. Segundo o relatório, Japão, Coreia do Sul e Austrália/ Nova Zelândia representam o próximo nível de maturidade, com a maioria de seus contratantes usuários do BIM, atingindo a faixa de 3 a 5 anos de experiência com o software. Esta constatação reflete a adoção recente do BIM nestas regiões, mas também mostra a rápida difusão do BIM pelo mundo. Tais informações estão representadas na Figura 16 retirada do relatório.

Figura 16: Nível de Maturidade do BIM no Mundo (MCGRAW HILL CONSTRUCTION – SMART MARKET REPORT, 2013)



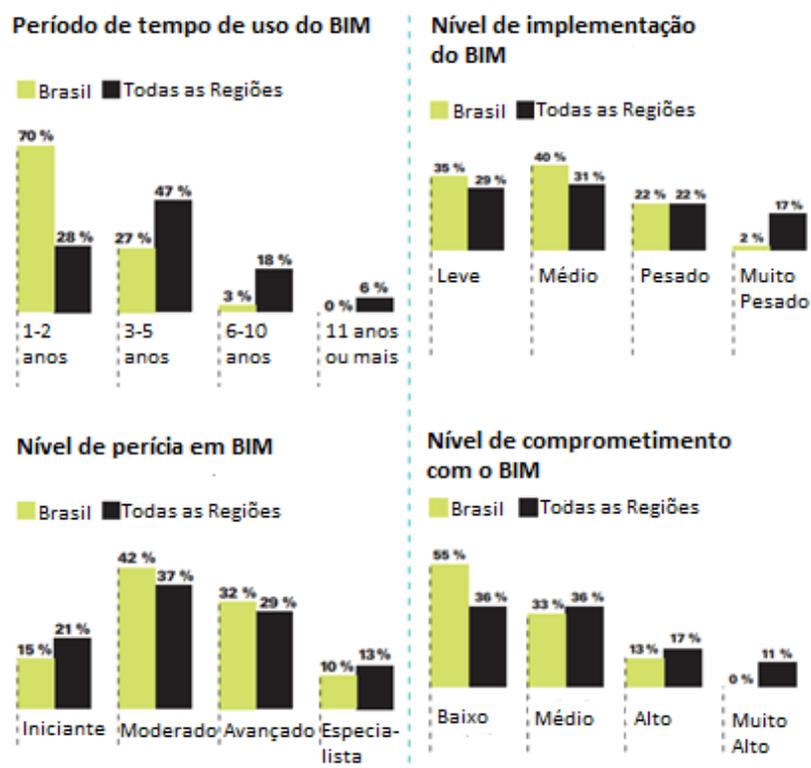
Segundo o relatório da Smart Market, os contratantes brasileiros são novos no uso do BIM. No entanto, existem planos de investimento em conhecimentos e tecnologias da construção, e por isso, esperam aumentar as atividades no futuro. Segundo Addor et al. (2010), associações de projetos existentes no Brasil, vêm se reunindo, para analisar e discutir essa nova plataforma de trabalho, estudando casos com empresas do setor. Tais movimentos refletem o entendimento que permeia a mentalidade de alguns profissionais, da necessidade de inserir o setor AEC do país neste novo método de trabalho. Em sua maior parte, os projetistas no Brasil usam o BIM em poucos tipos de projeto, o que reflete em um uso mais especializado do BIM, em vez de projetistas que utilizem o BIM de forma mais abrangente, incluindo todos os projetos relacionados. Segundo Kischel (2013), a maioria dos profissionais que iniciaram o uso do BIM tem trabalhado de maneira isolada, com pouca

integração com escritórios de estrutura e, praticamente, nenhuma com escritórios de instalações.

Através das pesquisas realizadas pela McGraw Hill Construction para elaboração do relatório da Smart Market, pode-se notar, no Brasil, o uso acentuado do BIM nas áreas de integração do projeto com o planejamento do empreendimento (conhecido com dimensão 4D) e elaboração do orçamento do empreendimento (conhecido como dimensão 5D), possuindo, nessas áreas, uma porcentagem de utilização mais significativa que as dos outros países onde a pesquisa foi realizada. Segundo o relatório, o uso da dimensão 4D é relatado por 72% das empresas brasileiras e o uso da dimensão 5D é relatado por 52% das empresas - em comparação com apenas 29% e 24%, respectivamente, de todos os entrevistados na pesquisa (incluindo outros países). Os resultados reforçam a importância que é dada no Brasil ao uso do BIM para melhorar a estimativa dos custos dos empreendimentos, já que a quinta dimensão do BIM.

Alguns gráficos são apresentados no relatório mostrando a situação atual do BIM no Brasil são apresentados a seguir (Figura 17).

Figura 17: Panorama atual do BIM no Brasil (MCGRAW HILL CONSTRUCTION – SMART MARKET REPORT, 2013)



No Brasil, da mesma forma que ocorreu nos Estados Unidos e na Europa, o uso do BIM se inicia nos projetos de arquitetura, difundindo-se posteriormente para as outras disciplinas. Esta transição da arquitetura para as outras áreas precisa ser devidamente planejada em seus diferentes níveis, como em empresas de projetos, construtoras, governo e fornecedores e isso ainda não ocorre no Brasil.

Segundo Kischel (2013), a implantação do BIM no Brasil passa pelas mesmas dificuldades já vistas no cenário internacional. A falta de uma cultura do trabalho em equipe multidisciplinar, falta de bibliotecas de objetos nacionais, além de problemas de infraestrutura. Os projetos em BIM no país ainda ocorrem de maneira incipiente, quando comparados com o uso do software em países como os Estados Unidos e os países da Europa. Entretanto, os próximos anos devem trazer um impulso adicional à implantação do BIM no Brasil. Profissionais brasileiros, já despertaram para a necessidade de implantação do BIM. Não é à toa que, conforme o relatório da Smart Market, para as empresas brasileiras, as áreas de desenvolvimentos dos processos, do software e do treinamento do BIM de forma colaborativa, são áreas de investimento consideradas como possuindo importância alta/ muito alta, o que reflete o entendimento dessas empresas da necessidade de desenvolverem processos internos de capacitação e competências do BIM. Entretanto, muitos profissionais ainda encaram a implantação do BIM apenas como a transição de um software para outro, enquanto esta implantação vai muito além da simples troca de software, sendo necessária a mudança de todo um processo de produção.

No Brasil, o BIM começa a ser difundido e utilizado aos poucos, tendo algumas empresas como pioneiras no processo de utilização. Entretanto, é necessária a interação de toda a cadeia produtiva do setor AEC, de forma a permitir o pleno funcionamento do processo BIM. Para Kischel (2013), a instalação de uma cultura de trabalho colaborativo, essencial para a implantação do BIM, deve começar nas escolas de engenharia e arquitetura, o que ainda não ocorre de forma plena no Brasil. Addor et al. (2010), comenta que o processo BIM deve ser integrado, envolvendo todos os profissionais do setor AEC, desde os projetistas, passando por incorporadoras e construtoras, poder público, setor de obras/construção, setor de vendas e indústria, uma vez que o processo permeia todos os setores e pressupõe esta integração. Muitas das dificuldades de implantação do BIM no Brasil estão relacionadas à percepção das empresas em relação à importância do software.

Muitas empresas adotam o BIM mais como uma exigência do que como um real interesse e convicção de que o software é a tendência e futuro do setor AEC. Portanto, ainda existe um grande trabalho a ser feito no que diz respeito à cultura de produção de projeto e de construção que permeia a maioria das empresas do país.

2.5.3 PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO BIM

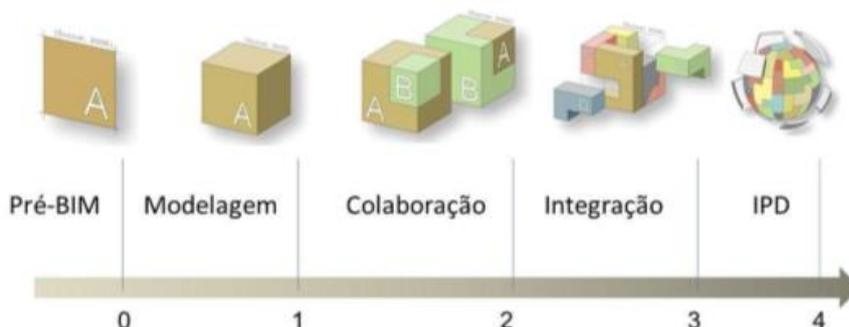
No Brasil, o BIM se encontra em processo de desenvolvimento e implantação. Existe um longo caminho de transição no setor AEC, para o modelo de trabalho BIM. Existem fases da implantação do BIM, que devem ser aos poucos superadas. Em muitos países europeus e norte americanos, este processo de desenvolvimento já se encontra em estágios elevados, enquanto no Brasil, muitas empresas ainda nem se quer iniciaram a implantação do BIM. Succar et al. (2012), define este processo de implantação, dividindo-o em etapas. Define as etapas de capacitação e maturidade na adoção e desenvolvimento do BIM. Os estágios de capacitação são definidos como os mínimos requisitos necessários à utilização e implantação do BIM. Os estágios de maturidade são definidos como etapas para alcançar qualidade e excelência no uso do BIM, sendo a evolução das habilidades adquiridas no estágio de capacitação. O autor define as etapas chamadas "Pré-BIM" e "Pós-BIM", que são separados por três estágios distintos. São eles:

- Estágio 1: Modelagem baseado no objeto
- Estágio 2: Colaboração baseada no modelo
- Estágio 3: Integração baseada na rede

A etapa "Pré-BIM" é definida como um ponto de partida fixo, onde se inicia o processo de adoção do software. Já a etapa "Pós-BIM", é definido como um ponto final variável, que representa o contínuo avanço das metas de implantação, desenvolvimento e uso do modelo de trabalho integrado proporcionado pelo BIM. O processo de modelagem deve ser utilizado na etapa inicial de adoção do BIM para modelar os projetos fornecidos em outras bases para a base BIM. Entretanto, com a evolução do processo de adoção do BIM, os projetos devem passar a ser desenvolvidos no próprio BIM, poupando o tempo utilizado anteriormente para a modelagem.

A Figura 18 a seguir demonstra as etapas definidas por Succar et al. (2012), sendo a etapa 4 referente à etapa de entrega de projeto integrado.

Figura 18: Estágios de Evolução do BIM (SUCCAR⁸, 2012 apud MANZIONE, 2013)



2.5.4 MODELAGEM PARAMÉTRICA E INTEROPERABILIDADE

Um dos pontos mais relevantes do BIM é a possibilidade de trabalhar-se em cima de um modelo único de projeto e a facilidade na troca de informações entre as diferentes áreas da equipe do projeto. Tais fatores se dão devido a duas importantes tecnologias presentes no BIM: Modelagem Paramétrica e Interoperabilidade.

- Modelagem Paramétrica

Ao longo do ciclo de vida de um projeto, é comum a revisão e modificação de características específicas de partes já desenhadas. Para solucionar tal problema, foi desenvolvida uma estrutura embutida em programas gráficos computacionais, baseada em parâmetros e hierarquias: as variações paramétricas. Os softwares BIM utilizam a modelagem paramétrica para atribuir parâmetros, determinar o comportamento de objetos e estabelecer o relacionamento entre as partes do modelo. Desta forma, ao realizar uma modificação no modelo, todos os valores relacionados serão automaticamente atualizados.

⁸ SUCCAR, B. *Effects of BIM on projects lifecycle phases*. Disponível em: <http://changeagents.blogs.com/thinkspace/2008/11/effects-of-bim-on-project-lifecycle-phases.html>. Acesso em: 11/11/2012

Segundo Biagini (2007), a passagem da modelagem tridimensional para a modelagem paramétrica é essencial. No modelo 3D, um edifício é feito por montagem de formas geométricas primitivas que se transformam em formas complexas, referentes aos elementos arquitetônicos. Além disso, funções de renderização permitem a aplicação de imagens realistas a superfícies, simulando características reais dos materiais da construção, como textura e cor, se aproximando bastante da realidade. Entretanto, o modelo 3D mostra suas limitações quando se trata de associar as características geométricas dos vários elementos que formam o modelo às relações geométricas e posicionais que possam existir entre estes elementos. Em contraposição, a modelagem paramétrica supera esta dificuldade, ao permitir que qualquer mudança dimensional ou geométrica que ocorra em um único elemento de um modelo 3D, possa ser repassada para todos os elementos relacionados ao elemento modificado e reconfigurá-los de acordo com as novas formas e dimensões introduzidas.

Portanto, ainda segundo Biagini (2007), os elementos do modelo 3D não mais se caracterizam apenas por sua geometria, mas por suas características técnicas, compondo uma estrutura relacional significativa, que simula as verdadeiras performances técnicas de construção. A conexão dos modelos com seus bancos de dados relacionados abre o caminho para uma série de potencialidades na gestão de projetos, porque torna possível a construção de um sistema de informação integrado, capaz de organizar a troca de informações tão presente no processo da construção. Tal abordagem para fazer um modelo digital tridimensional é chamada de modelagem paramétrica, e marca a passagem do CAD tradicional para o software BIM e o planejamento integrado.

- Interoperabilidade

O conceito de interoperabilidade consiste na capacidade de compartilhamento de dados entre diferentes sistemas computacionais, permitindo a reutilização da informação. De acordo com Froese (2003), interoperabilidade é a capacidade de que a informação flua de um aplicativo computacional para outro, durante todo o ciclo de vida do projeto. Consiste no desenvolvimento e utilização de estruturas de informação comuns a toda a indústria do setor AEC.

Segundo Jacoski (2003), para que um software seja considerado interoperável, deve apresentar as seguintes características:

- Possibilidade dos usuários construírem aplicações que possam ser integradas aos componentes de software para qualquer tipo de usuário.
- Capacidade de troca de dados livremente entre sistemas, já que cada sistema terá o conhecimento do formato ou linguagem dos outros sistemas.
- Uniformidade de interação com o usuário, com o objetivo de utilizar o mesmo padrão e formato dos moldes já familiarizados ao usuário.
- Simplificação das complexas coleções de formatos e padrões existentes na indústria de software, de forma que o progresso na interoperabilidade seja constatado na diminuição do tempo de ensino e na facilidade do aprendizado.
- Transparência de modo a reduzir o modelo de informação a apenas um formato, podendo ser utilizável por qualquer um.
- Similaridade, permitindo que dois tipos de dados, ou sistemas, ou usuários, utilizem as mesmas convenções, aproveitando as vantagens da interoperabilidade.

Atualmente, não existe uma padronização de comunicação entre projetistas, de forma a construir um modelo de projeto único. A forma com que esta comunicação ocorre leva a erros ao permitir que determinados dados deixem de ser compartilhados. Segundo Froese (2003), as informações são passadas de um aplicativo para outro através de documentos em papel ou por meio eletrônico, o que obriga as pessoas que irão interpretá-las a repassarem as informações relevantes para o próximo aplicativo computacional. Este processo de reinterpretação e reentrada das informações é uma atividade que não agrega valor à produção do projeto e que frequentemente introduz erros ao mesmo. Desta forma, pode-se perceber a importância da interoperabilidade para o desenvolvimento de um projeto de qualidade.

2.5.5 APLICAÇÕES DO BIM

Ao longo dos últimos anos, o BIM vem mostrando seu valor na produção do projeto e na construção civil. Os programas de software BIM permitem grandes avanços na gestão da informação, facilitando a preparação de documentos dos projetos e da construção - processo de complicada execução através dos softwares CAD.

Os projetistas das diversas áreas relacionadas ao projeto poderão trabalhar de forma colaborativa ao utilizar um modelo único, que será constantemente atualizado e compatibilizado através de softwares que permitem a detecção automática de interferências geométricas entre as disciplinas e até mesmo de caráter normativo, reduzindo os riscos e problemas posteriores que poderão surgir no canteiro de obras.

Ao se utilizar modelo BIM, trabalha-se com a modelagem paramétrica. Através dela, qualquer alteração feita no modelo ocasionará uma atualização automática nos elementos relacionados a esta alteração, evitando erro nas revisões de todas as disciplinas envolvidas. É um panorama bem diferente do atual, onde cada especialista trabalha de forma independente e o processo de compatibilização está sujeito a muitas falhas, principalmente por deficiências na comunicação.

A geração automática de listas de materiais, característica importante para área de planejamento e orçamento de empreendimentos do setor AEC, é possibilitada através da interoperabilidade com softwares específicos, que também reduzem significativamente os erros no levantamento de quantitativos e garantem mais segurança na tomada de decisões. A partir das tabelas formadas no software à medida que se constrói e da melhor gestão da informação oferecida pelo BIM, torna-se possível realizar diversos tipos de análise da construção, em vias construtivas e orçamentárias, como análise dos materiais e sistemas construtivos utilizados, de forma a atingir o melhor custo-benefício para o cliente.

Por fim, é importante destacar a comunicação com o cliente, como outro grande benefício do BIM, uma vez que a capacidade de gerar vistas tridimensionais realistas permite a visualização do processo construtivo e do produto final, sendo extremamente útil para o projetista, para o engenheiro da obra e para o cliente.

Através do BIM, é possível organizar, em um mesmo arquivo eletrônico, um banco de dados de toda a obra, disponível a todas as equipes envolvidas na construção. É possível reunir especificações dos equipamentos utilizados na obra, armazenando informações sobre a construção, montagem, uso e manutenção dos mesmos. Este banco de dados é de particular importância para equipamentos que exigem inspeção regular e manutenção, como equipamentos de ar condicionado, aquecimento, ventilação e sistemas de segurança. Informações sobre os sistemas de distribuição de ar e de eletricidade que passam por modificações periódicas,

também são de grande importância para os gerentes de instalações, que poderão obtê-las com maior facilidade através do banco de dados do BIM.

A partir do banco de dados do BIM, é possível a integração do modelo BIM com o sistema de gerenciamento e manutenção predial, facilitando o gerenciamento das instalações. Se o programa de manutenção preventiva não for automatizado, o BIM pode automatizá-lo. Caso contrário, o BIM pode se conectar com o software existente para complementar os dados e informações existentes, garantindo um programa de manutenção predial mais completo. Desta forma, o modelo BIM torna-se um manual eletrônico do proprietário, e também pode ser uma ferramenta valiosa caso os gerentes de manutenção empreendam um processo de recomissionamento, já que todos os dados necessários para tal estarão reunidos no banco de dados do BIM.

O modelo BIM oferece ferramentas de análise de desempenho da construção, de forma a dar suporte ao projeto sustentável. O software permite a análise de cargas de aquecimento e arrefecimento que facilitam a análise energética, a avaliação de cargas dos sistemas e a produção de relatórios de aquecimento e arrefecimento para o projeto. Desta forma, é possível minimizar erros de desenvolvimento de projeto e definir melhores estratégias de sustentabilidade global.

A identificação de interferências entre os projetos de arquitetura, estrutura e instalações é muito importante para evitar erros e atrasos. O software gera automaticamente um relatório com a capacidade de ampliar a área de interferência para facilitar a solução de conflitos. Coordenando os principais elementos e sistemas da edificação durante o projeto, é possível evitar conflitos entre elementos e reduzir o risco de ultrapassar o orçamento da construção.

3 METODOLOGIA

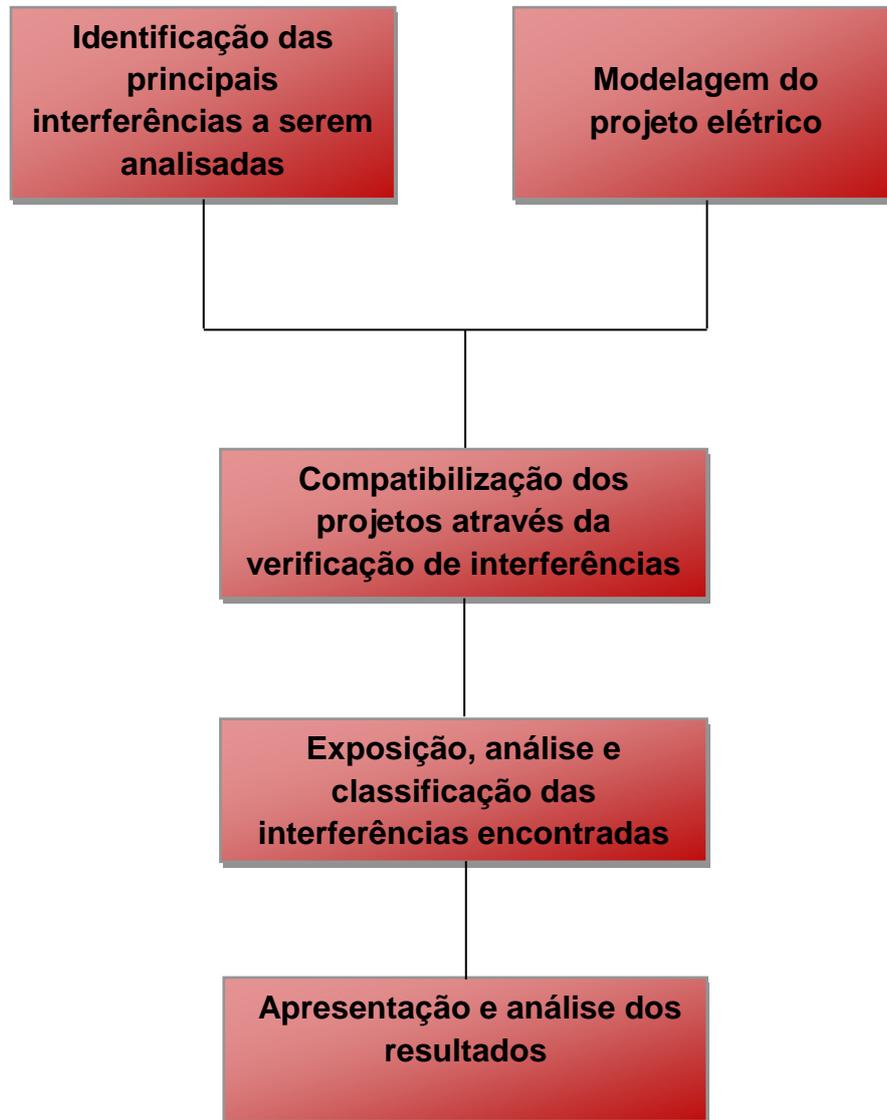
Este trabalho foi iniciado com a realização de um referencial teórico, procurando expor os conceitos e ferramentas que seriam utilizados no decorrer do trabalho. Foram apresentados os motivos que levaram à escolha do tema proposto e as deficiências do setor de construção civil que levam à crescente necessidade de utilização da metodologia e tecnologia BIM para compatibilização de projetos e outros fins relacionados ao setor. Foi apresentado o funcionamento do processo de produção de projetos como ocorre hoje e como ele pode ser otimizado com o BIM. Foram apresentados conceitos, aplicações e ferramentas sobre BIM e sobre a compatibilização de projetos. Para desenvolvimento do referencial teórico, foram utilizados livros, artigos, monografias e teses. O Quadro 1 a seguir expõe os objetivos propostos a se alcançar com este trabalho e como se pretende alcançar cada um destes objetivos.

Foi realizado um estudo de caso, visando atingir os objetivos iniciais do trabalho, de demonstrar a utilização da metodologia e tecnologia BIM no processo de modelagem e compatibilização de projetos. O estudo de caso consistiu na modelagem de um projeto elétrico da base CAD bidimensional para a base Revit MEP. Após a modelagem do projeto foram realizadas as verificações de interferências confrontando as especialidades de projetos duas a duas. A verificação no software é feita através de um *checklist* dos elementos de cada especialidade presentes no projeto. Escolhendo os principais itens deste *checklist*, foi realizada a verificação de interferências. Os conflitos encontrados foram expostos e exemplificados através de imagens do projeto. As interferências foram analisadas e agrupadas de acordo com o tipo de cada uma, expondo os resultados ao final. O fluxograma a seguir expõe a sequência das etapas realizadas no estudo de caso. O estudo de caso será realizado com base na metodologia apresentada no fluxograma.

Quadro 1: Exposição da metodologia utilizada na realização do trabalho

OBJETIVO GERAL	Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o uso do BIM para modelagem e compatibilização de projetos de instalações elétricas		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METODOLOGIA		
	ATIVIDADES	FERRAMENTAS	RESULTADOS ESPERADOS
Conhecer os conceitos, usos e benefícios do BIM no setor da construção civil	Realizar um referencial teórico expondo conceitos, benefícios, aplicações e ferramentas oferecidos pelo BIM	Livros, artigos, monografias, teses e dissertações	Compreensão dos conceitos, aplicações e benefícios do uso da metodologia e tecnologia BIM
Aplicar a metodologia e tecnologia BIM para modelagem e compatibilização de um projeto de instalações elétricas	Desenvolver um modelo de projeto elétrico fazendo a modelagem do projeto na base CAD 2D para a base Revit MEP	Softwares Revit e Autocad e projeto fornecido pela construtora "X"	Demonstrar a aplicação do software Revit MEP na modelagem de projetos de instalações elétricas
	Compatibilizar os projetos de Instalações Elétricas, Arquitetura e Estrutura	Software Revit	Demonstrar a aplicação do software Revit MEP na compatibilização de projetos
Avaliar os resultados encontrados e as vantagens da utilização do BIM	Expor as interferências encontradas e avaliar o processo de modelagem e compatibilização de projetos com o uso do BIM	Software Revit e relatórios de interferências gerados	Apresentar as vantagens do processo de compatibilização de projetos com o BIM

Fluxograma 1: Exposição da metodologia utilizada no estudo de caso



4 ESTUDO DE CASO

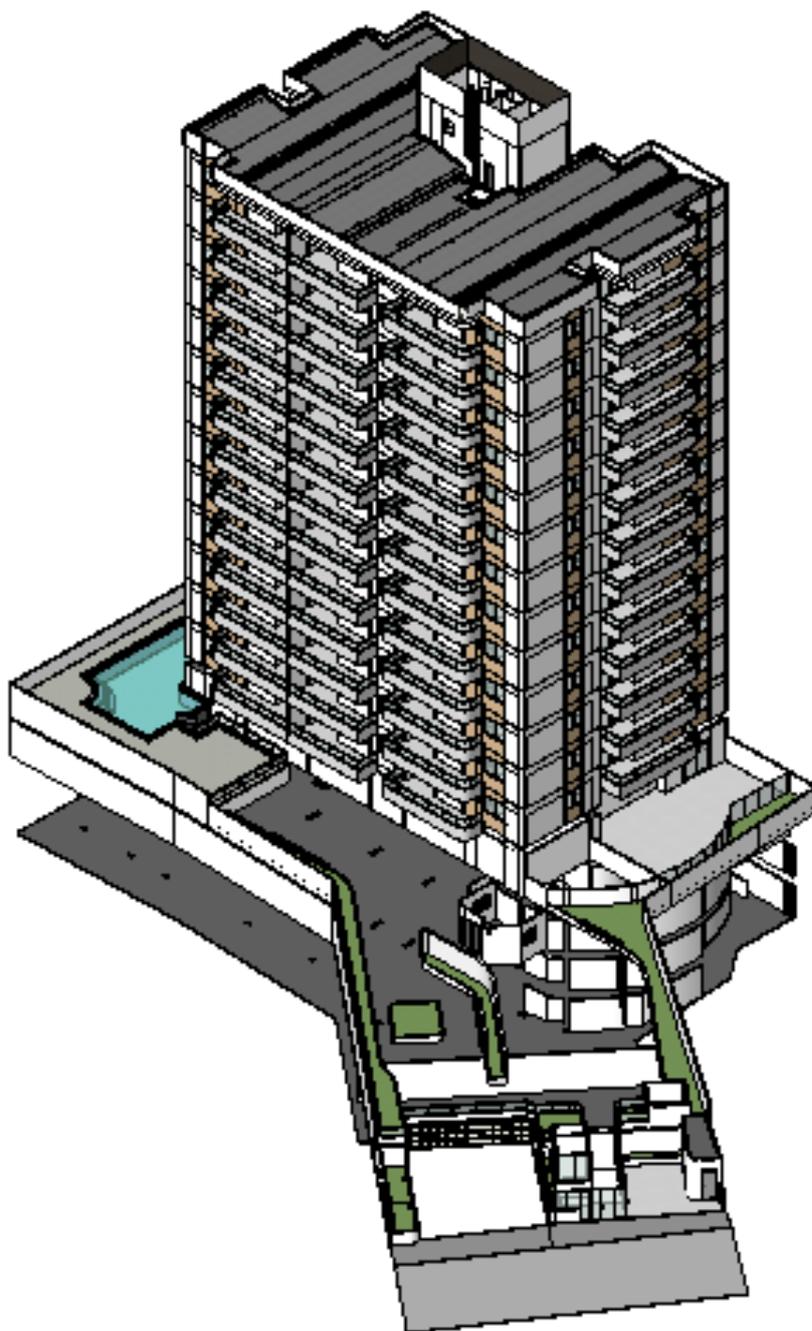
O estudo de caso realizado neste trabalho tem como objetivo demonstrar a aplicação o BIM na modelagem e compatibilização do projeto e instalações elétricas. Pretende-se apresentar os benefícios da metodologia BIM em comparação com os métodos usados tradicionalmente. Propõe-se a identificação e análise das interferências dos apartamentos modelos de um edifício residencial. Foram analisadas as interferências entre os projetos de instalações elétricas e arquitetura e instalações elétricas e estrutura. Os modelos de arquitetura e estrutura utilizados na realização deste trabalho foram modelados por estudantes da Universidade Federal da Bahia. Foi necessária a modelagem do modelo de instalações através do software Revit MEP versão 2015. O uso do software e a descrição da modelagem do projeto de instalações elétricas serão detalhados no item 4.2.1. O empreendimento escolhido foi fornecido pela construtora “X”. Trata-se de um edifício residencial com uma torre de 13 pavimentos, que ainda se encontra em fase inicial de construção.

Primeiramente, foi realizada a modelagem do projeto de instalações elétricas para o Revit MEP. Para o funcionamento perfeito da metodologia BIM, é essencial que o projeto elétrico seja desenvolvido diretamente através do Revit MEP, não necessitando da etapa de modelagem do projeto. Entretanto, como o projeto utilizado para este estudo de caso foi fornecido na base CAD bidimensional, foi necessária a etapa de modelagem do projeto. Com o modelo pronto, foram feitas as verificação de interferências e gerados relatórios com a relação das interferências encontradas, que podem ser visualizados no item 4.2.2. Após a identificação das interferências foi feita uma análise e interpretação dos resultados encontrados.

4.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento estudado se trata de um edifício residencial com uma torre de 13 pavimentos tipo, um playground e 3 subsolos de garagem. O edifício, apresentado na Figura 19 a seguir, possui fachada de pastilha e pintura e área de lazer com piscina.

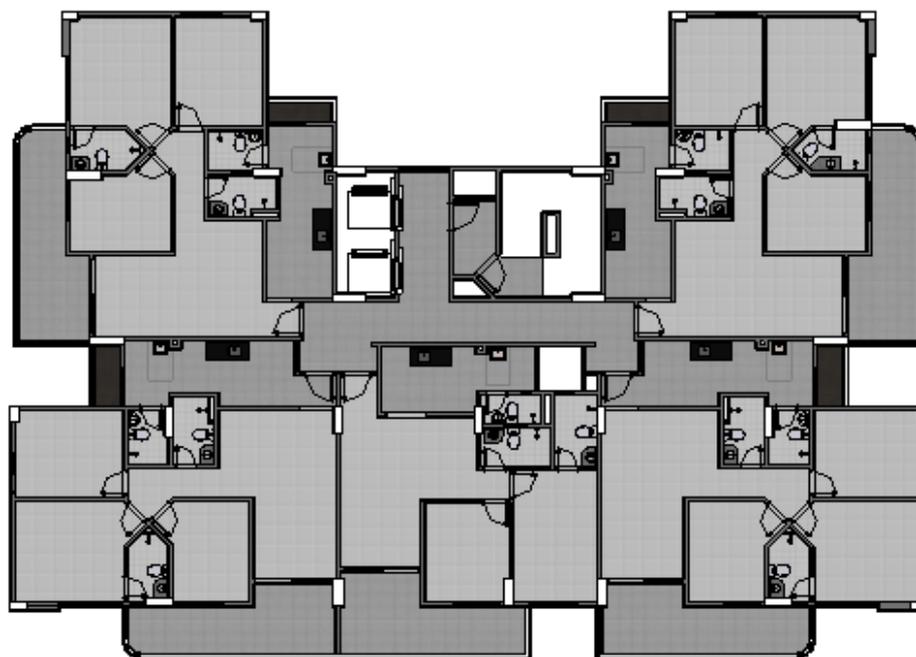
Figura 19: Vista 3D do edifício estudado (AUTORA)



O pavimento tipo é formado por 5 apartamentos, 4 apartamentos nas quinas da edificação, com 3 quartos cada um, e 1 no centro da parte frontal da edificação, com 2 quartos, a área de elevadores e escadas se encontra no centro da parte traseira da edificação. O apartamento tipo de esquina possui uma área aproximada de 100 m² e o apartamento tipo central possui uma área aproximada de 80 m². Foram analisadas as interferências dos 2 apartamentos-tipo, 1 de esquina e 1 central – sendo o próprio projeto de instalações elétricas fornecido pela construtora,

resumido a estes dois apartamentos, além da parte de elevadores e escada. A seguir está representada a planta baixa do pavimento tipo (Figura 20).

Figura 20: Planta Baixa do Pavimento Tipo Estudado (AUTORA)



4.2 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi executado em três etapas:

1. Modelagem do projeto elétrico - fornecido pela construtora em CAD 2D - para o modelo BIM através do Revit MEP.
2. Verificação das interferências, gerando um relatório das incompatibilidades encontradas através do software.
3. Análise e Interpretação das interferências.

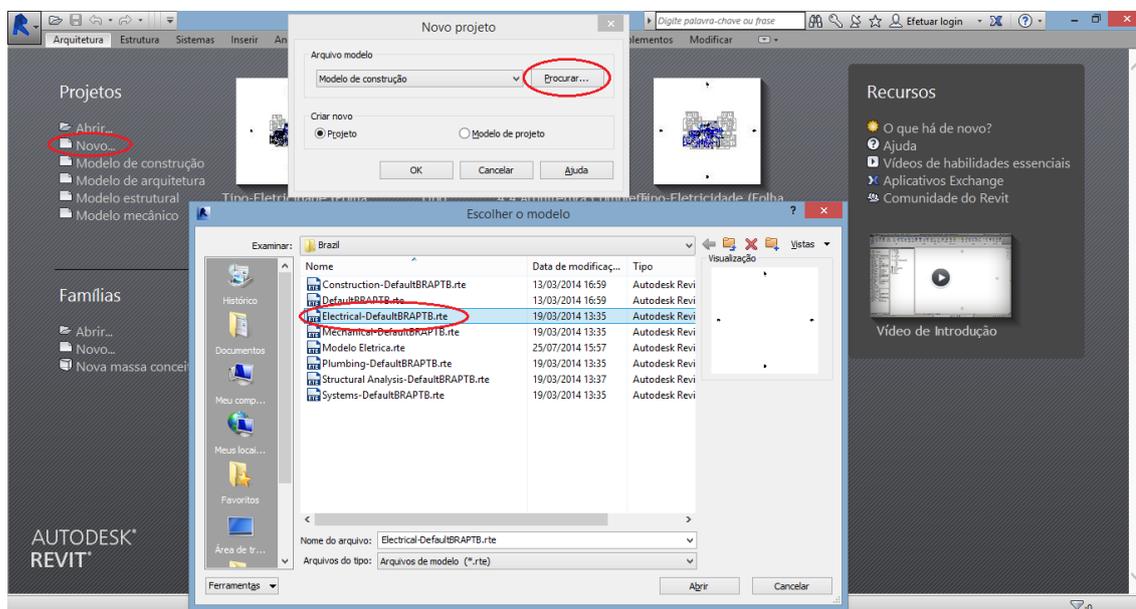
4.2.1 MODELAGEM DO PROJETO ELÉTRICO

A modelagem do projeto elétrico do empreendimento estudado foi realizada com base no projeto de instalações fornecido pela construtora em CAD 2D. Como base para a modelagem do projeto de instalações, foi utilizado o modelo de arquitetura, modelado anteriormente por estudantes da Escola Politécnica da UFBA.

4.2.1.1 Escolha entre Revit MEP e Revit Architecture

Foram testadas as versões do Revit Architecture e Revit MEP para análise de qual seria mais adequada para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente, optou-se pelo Revit Architecture, tendo em vista que o modelo de arquitetura do empreendimento se encontrava nesta versão. Na aba “Sistemas”, o Revit Architecture fornece as ferramentas necessárias para inserção de dutos, tomadas, luminárias, entre outros. Entretanto, ao longo da modelagem do projeto elétrico, foi visto que o Revit Architecture não forneceu os dados de potência do sistema elétrico, impedindo a conexão do quadro de distribuição com os elementos elétricos. Por conta disto, a modelagem do projeto passou a ser executada no Revit MEP, que permite uma modelagem de forma mais completa do projeto de instalações. Para abrir o Revit MEP, clicamos na opção “Novo”, na tela inicial do Revit. Abre-se uma janela que permite a escolha da versão Revit em que se deseja trabalhar, como mostrado na Figura 21. Clicando em "Procurar", abre-se uma nova janela e a opção "Electrical-DefaultBRAPTb" é escolhida.

Figura 21: Escolhendo a versão Revit MEP (AUTORA)



4.2.1.2 Inserindo os modelos necessários ao projeto no Revit MEP

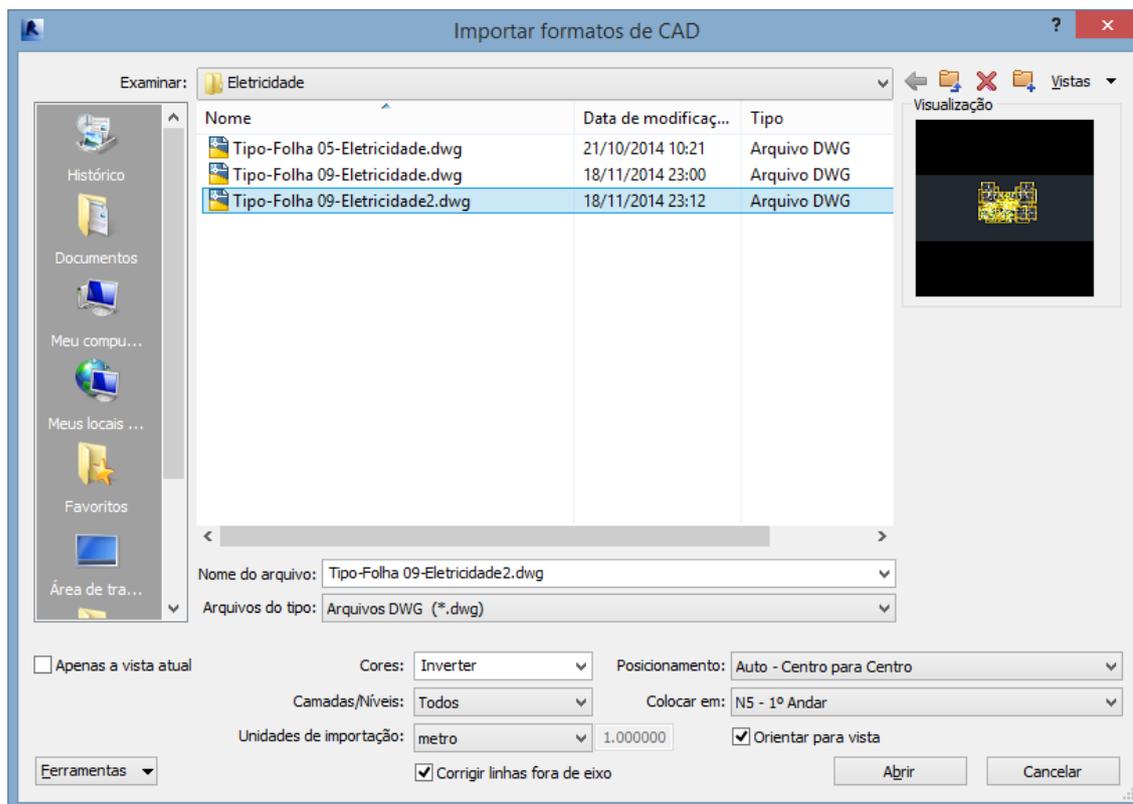
- Modelo de Elétrica em CAD

No projeto de instalações elétricas em CAD bidimensional, isolou-se o projeto do pavimento tipo, de forma a utilizar um arquivo mais leve. Para tornar o arquivo na base CAD mais compatível e prático de vincular no Revit, modificou-se a unidade padrão do projeto em CAD de milímetros para metros e utilizou-se o comando "PURGE", que permite a remoção de lixo (*layers* não utilizados, por exemplo), muito utilizado para limpar o arquivo antes de exportá-lo.

No modelo BIM de arquitetura, foi isolado o pavimento tipo, de forma a torná-lo mais leve e fácil de trabalhar. Para unidade padrão do projeto foi escolhida a unidade metro. Para importar o modelo CAD, utilizou-se o comando "Importar CAD", na aba "Inserir". A diferença entre as ferramentas "Importar CAD" e "Vínculo de CAD" consiste na vinculação que o modelo importado terá com o seu arquivo original. Ao utilizar o comando "Vínculo de CAD", o Revit automaticamente atualizará as geometrias importadas toda vez que o arquivo CAD original for atualizado, o que não ocorrerá ao utilizar o comando "Importar CAD". Foi utilizado o comando "Importar CAD", já que não seria necessário manter o modelo CAD vinculado com seu arquivo original.

Ao clicar no comando "Importar CAD", abre-se uma janela que permite a escolha do arquivo a ser importado, como mostrado na Figura 22 a seguir. Após escolher o arquivo, foram escolhidas as opções de importação.

Figura 22: Janela para escolha e configuração do arquivo importado (AUTORA)

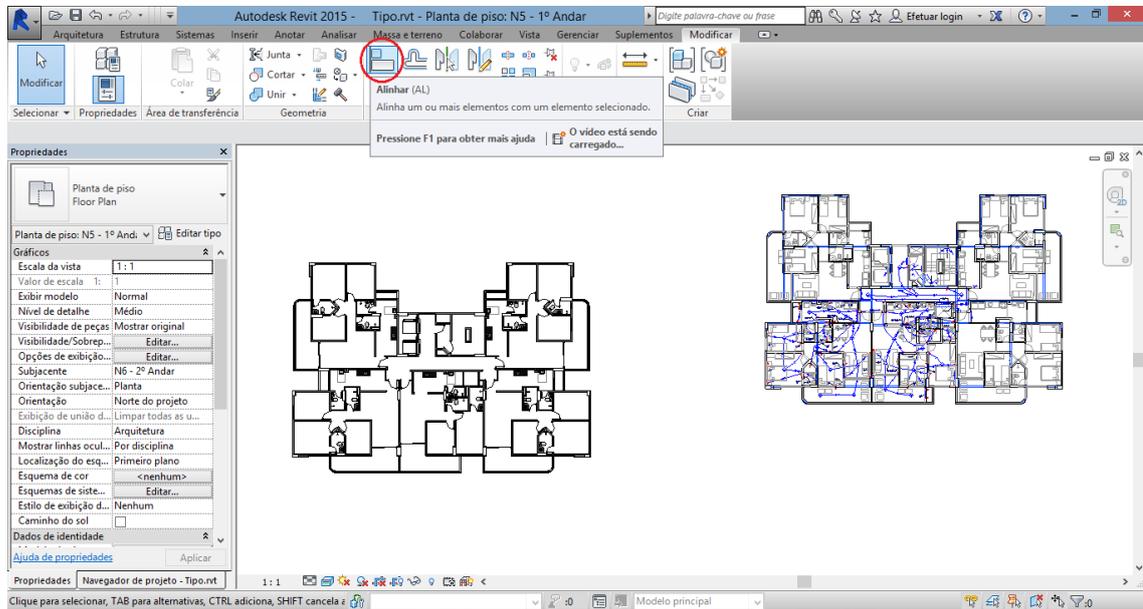


A opção "Apenas a vista atual", permite importar um desenho apenas para a vista ativa. Esta opção não foi selecionada, permitindo que o modelo importado fosse visto em todas as vistas. Na opção "Cores", foi escolhida a opção "Inverter", que permite inverter as cores do arquivo importado. Esta opção foi escolhida de forma a facilitar a visualização do modelo importado, tendo em vista que foi desenhado em base CAD 2D, que geralmente possui fundo de trabalho preto e linhas de desenho claras. Na opção "Camadas/Níveis" foi escolhida a opção "Todas", de forma a importar todas as camadas do modelo. Em "Unidade de Importação" foi escolhida a opção "metro", tendo em vista que o modelo importado foi configurado para a unidade metro - mesma unidade configurada no Revit. Em "Posicionamento" utilizou-se a opção "Auto - Centro para Centro". Em "Colocar em" utilizou-se a opção "N5 - 1º Andar", já que foi utilizado o 1º andar da edificação como pavimento tipo. As opções "Orientar para vista" e "Corrigir linhas fora de eixo" foram adotadas.

Após a importação do arquivo, foi necessário o alinhamento do projeto de instalações importado com o modelo de arquitetura. Para isto, foi utilizado o

comando “Alinhar” duas vezes, na aba "Modificar", como mostrado na Figura 23, alinhando os modelos através das faces do pilar do canto superior esquerdo.

Figura 23: Comando Alinhar (AUTORA)

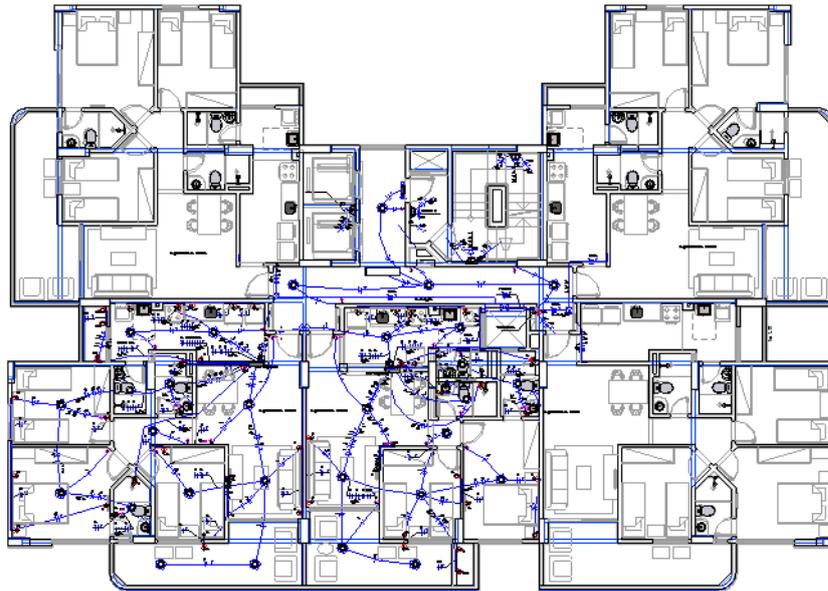


- **Modelos de Arquitetura e Estrutura em Revit**

Os modelos de arquitetura e estrutura foram inseridos no projeto como vínculos, através do comando "Vínculo do Revit". Os modelos foram alinhados através do comando "Alinhar", de forma semelhante ao modelo de CAD importado.

Desta forma, o modelo importado estava inserido e alinhado com os modelos de arquitetura e estrutura na base Revit MEP. O resultado foi uma planta baixa do pavimento tipo com os traçados das tubulações do projeto elétrico, permitindo a modelagem tridimensional do projeto através do molde bidimensional. Com os projetos de arquitetura e estrutura do pavimento tipo (ver Figura 24), foi possível realizar a modelagem do projeto de elétrica visualizando os possíveis conflitos com esquadrias, vigas, pilares, dentre outros.

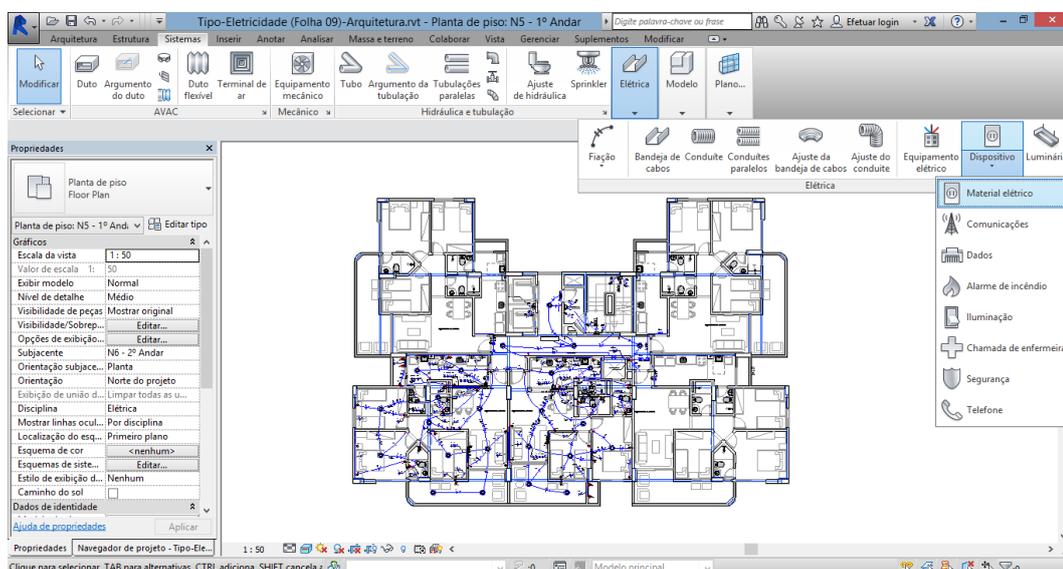
Figura 24: Modelos de arquitetura e estrutura alinhados com o modelo de elétrica importado (AUTORA)



4.2.1.3 Criando os Circuitos Elétricos

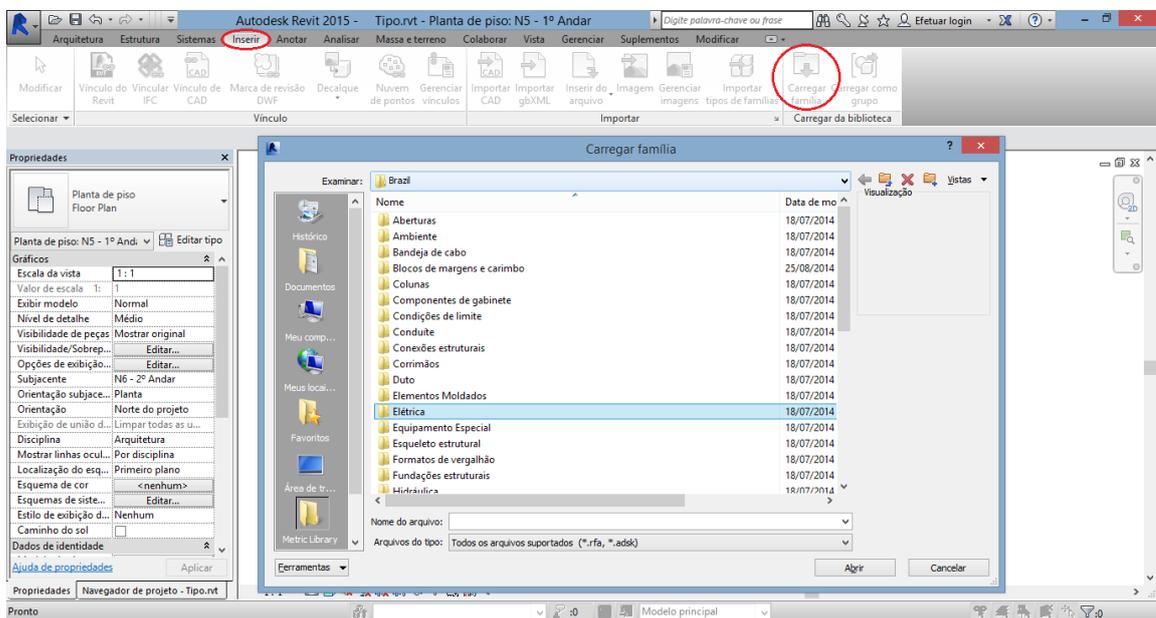
Inicialmente, realizou-se a inserção das tomadas em seus devidos locais e alturas. Para isto, foi analisado o modelo em CAD 2D, interpretando as legendas de tomadas e suas alturas. Para inserir as tomadas no Revit MEP, na aba “Sistemas”, na parte de Elétrica, clica-se na opção “Dispositivo” e, a seguir, na opção “Material Elétrico”, como mostrado na Figura 25.

Figura 25: Inserindo Material Elétrico (AUTORA)



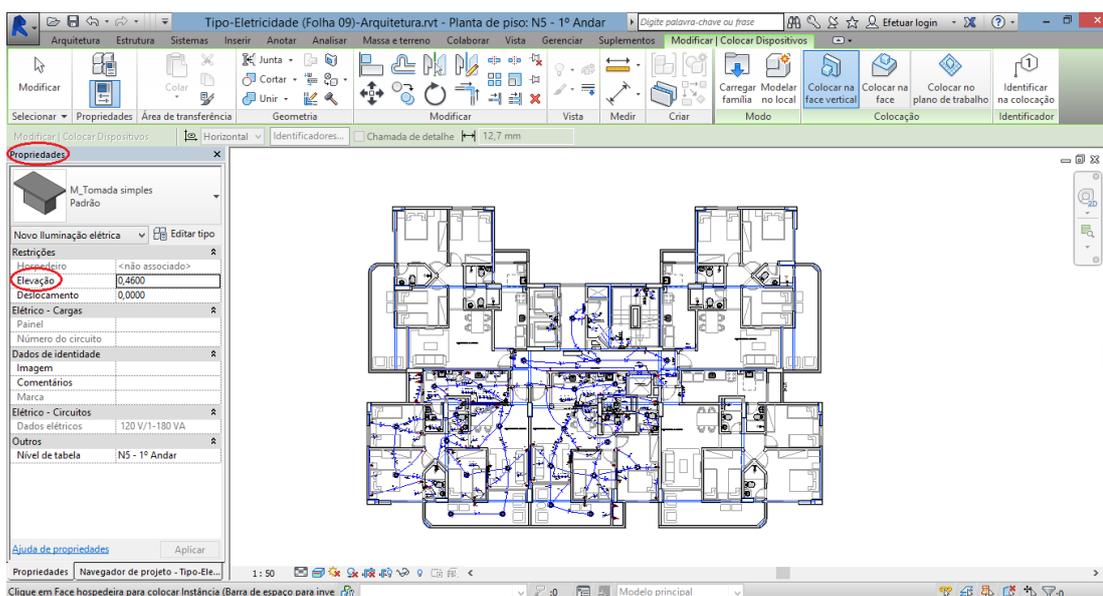
Não havendo nenhuma família carregada, o Revit gera um aviso informando tal fato e fornecendo a opção de carregar uma família. Abre-se uma janela com as famílias possíveis de serem carregadas, como mostrado na Figura 26. No caminho Elétrica → MEP → Alimentação Elétrica → Terminais, foi escolhido o modelo de tomada adequado. Para carregar todas as tomadas necessárias ao projeto, na aba “Inserir”, clica-se na opção “Carregar Família”. No mesmo caminho citado anteriormente, foram identificadas e carregadas as tomadas necessárias ao projeto.

Figura 26: Carregando as famílias necessárias ao projeto (AUTORA)



Clicando novamente na aba “Sistemas”, na parte de Elétrica, “Dispositivo” e opção “Material Elétrico”, foram inseridas as tomadas correspondentes em seus devidos locais (de acordo com o molde do projeto elétrico importado). No momento em que as peças são inseridas, é possível adotar a altura em que se deseja colocá-la. Na lateral esquerda da tela, caixa de diálogo “Propriedades”, item "Elevação", foi especificada a altura que se desejava inserir cada peça, como mostrado na figura a seguir (Figura 27).

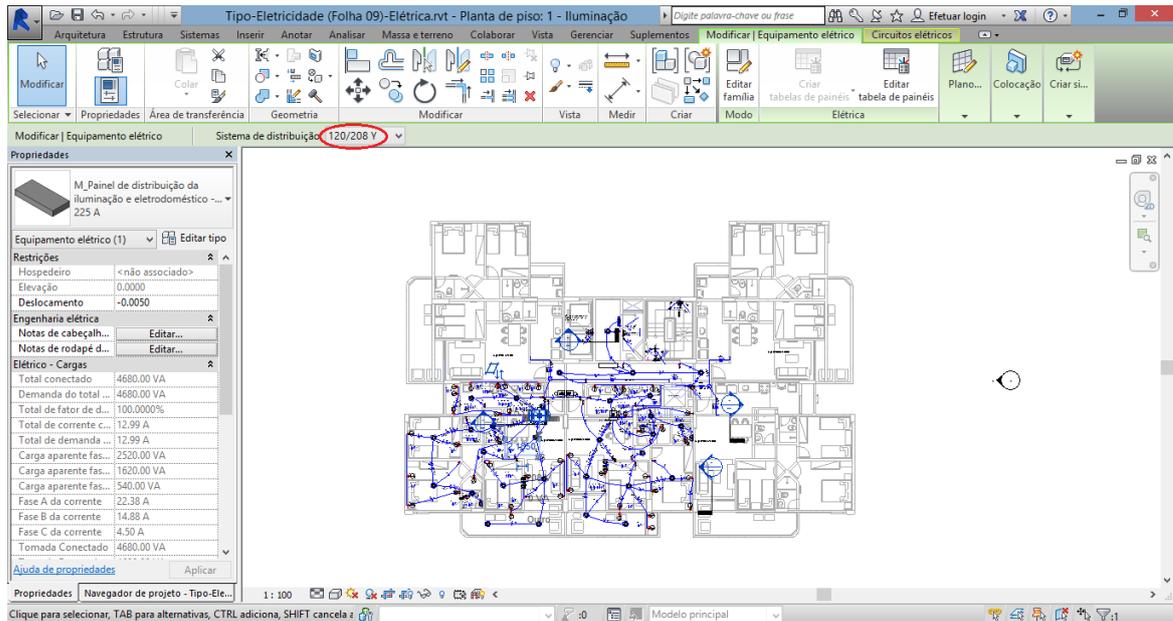
Figura 27: Determinando a elevação das peças (AUTORA)



Após inserir as tomadas, foram inseridas as entradas para outros equipamentos, como chuveiros elétricos. Foram inseridas também as luminárias e interruptores. Para inserir os interruptores, na aba “Sistemas”, na parte de Elétrica, “Dispositivo”, clica-se na opção “Iluminação”. Para as luminárias o caminho é Sistemas → Elétrica → Luminária. Todas as peças foram carregadas na opção “Carregar Família” e inseridas na altura devida, sendo as luminárias inseridas no forro e na laje superior – nos locais onde não havia forro.

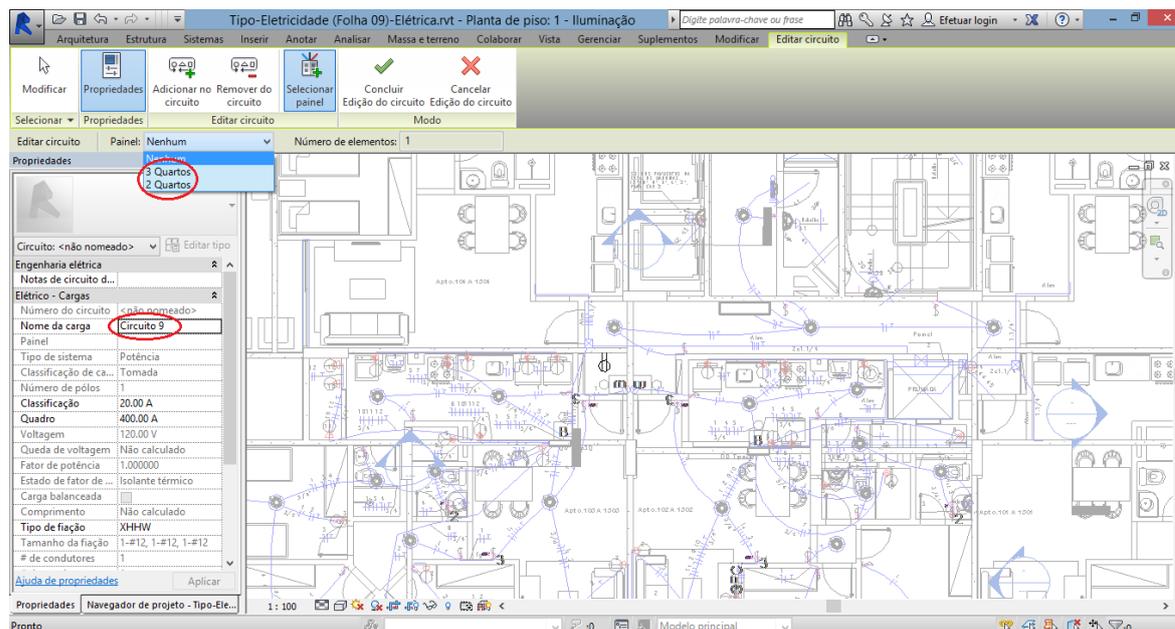
A última peça a ser inserida foi o Quadro de Distribuição, no caminho Sistemas → Elétrica → Equipamento Elétrico. Ao inserir o Quadro de Distribuição, é necessário configurá-los para um sistema de distribuição para que possam ser usados com circuitos. Seleciona-se o quadro já inserido e na aba superior, opção “Sistema de Distribuição”, seleciona-se o sistema desejado (ver Figura 28). Para este trabalho foi adotado o sistema 120/208 Y, para viabilizar a utilização do quadro nos circuitos. Para este trabalho, foram inseridos dois quadros de distribuição, tendo em vista que o estudo foi realizado com base em dois apartamentos tipo. Cada quadro de distribuição foi nomeado de acordo com o apartamento em que estava inserido, sendo diferenciados pelo número de quartos (“2 Quartos” e “3 Quartos”).

Figura 28: Sistema de Distribuição adotado (AUTORA)



Para criar os circuitos elétricos, foram identificados quais dispositivos faziam parte de quais circuitos, de acordo com o projeto elétrico em CAD 2D. Por circuito, foi adotada uma peça como “Força” e, a partir daí, selecionados as outras peças que compunham o circuito. Para classificar a peça como “Força”, seleciona-se a peça e na aba superior, canto direito, seleciona-se a opção “Força”. Cada sistema deve ser associado ao seu respectivo quadro de distribuição. Após selecionados todos os itens que compõem o circuito em questão, na aba superior, opção "Editar circuito" e, a seguir, "Selecionar painel", é possível escolher o quadro de distribuição desejado (ver Figura 29). Todos os quadros de distribuição inseridos aparecem na lista de painéis. Os circuitos foram nomeados de acordo com a nomenclatura adotada no projeto em CAD. Na lateral esquerda da tela, aba “Propriedades”, opção “Nome da carga”, foram atribuídas as nomenclaturas de cada sistema.

Figura 29: Atribuindo um sistema de distribuição ao circuito (AUTORA)



4.2.1.4 Executando o Traçado dos Conduítes

Com todas as peças inseridas e sistemas criados, foi possível iniciar o traçado dos dutos. Selecionando do quadro de distribuição e clicando com o botão direito do mouse em um das marcações que aparecem no quadro ao selecioná-lo, escolhe-se a opção “Desenhar conduíte a partir da face” e, na aba superior, seleciona-se a opção “Concluir conexão”. Para facilitar a visualização da conexão, é possível criar uma vista do local onde se encontra o quadro de distribuição e realizar a conexão do conduíte à face do quadro de distribuição na vista de corte.

Com o conduíte conectado ao quadro de distribuição, foi possível desenhar os traçados das tubulações até suas respectivas peças. Selecionando o conduíte e clicando com o botão direito na marcação que aparece ao selecioná-lo, na ponta da qual se deseja partir, escolhe-se a opção “Desenhar conduíte”. Outra opção é na aba “Sistemas”, parte de elétrica, selecionar a opção “Conduíte”.

Para desenvolvimento do traçado, é necessária a utilização de caixas de passagem que permitam a conexão de duas ou mais tubulações. Quando necessário estas caixas são inseridas automaticamente pelo Revit. Entretanto, é possível inseri-las na aba “Sistemas”, parte Elétrica, selecionando “Ajuste do conduíte” - carregando as famílias necessárias como explicado anteriormente. O

traçado das tubulações do projeto de eletricidade foi realizado através da laje e do forro. Foram tomados como molde os traçados executados no projeto fornecido pela construtora.

Durante o desenho do traçado dos conduítes, a vista 3D e os cortes se fizeram essenciais no entendimento e visualização da coerência do traçado dos conduítes. Sendo, por vezes, executado o desenho através da planta baixa, por vezes através do corte. A vista tridimensional não é a melhor opção para desenho dos conduítes, mas muito útil na sua visualização e conferência.

Portanto, foi finalizada a modelagem do projeto, sendo possível, a partir de então, realizar a verificação das interferências.

As figuras a seguir (Figura 30 e Figura 31) apresentam o projeto elétrico modelado.

Figura 30: Projeto Elétrico Modelado (AUTORA)

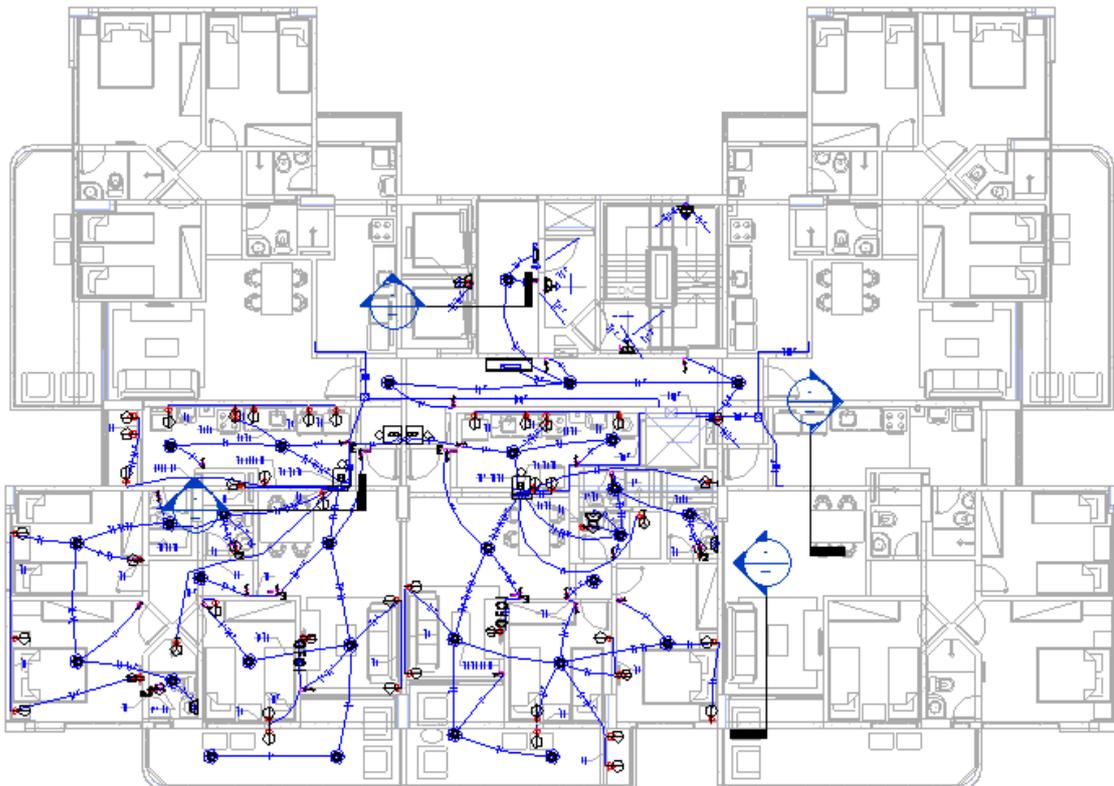
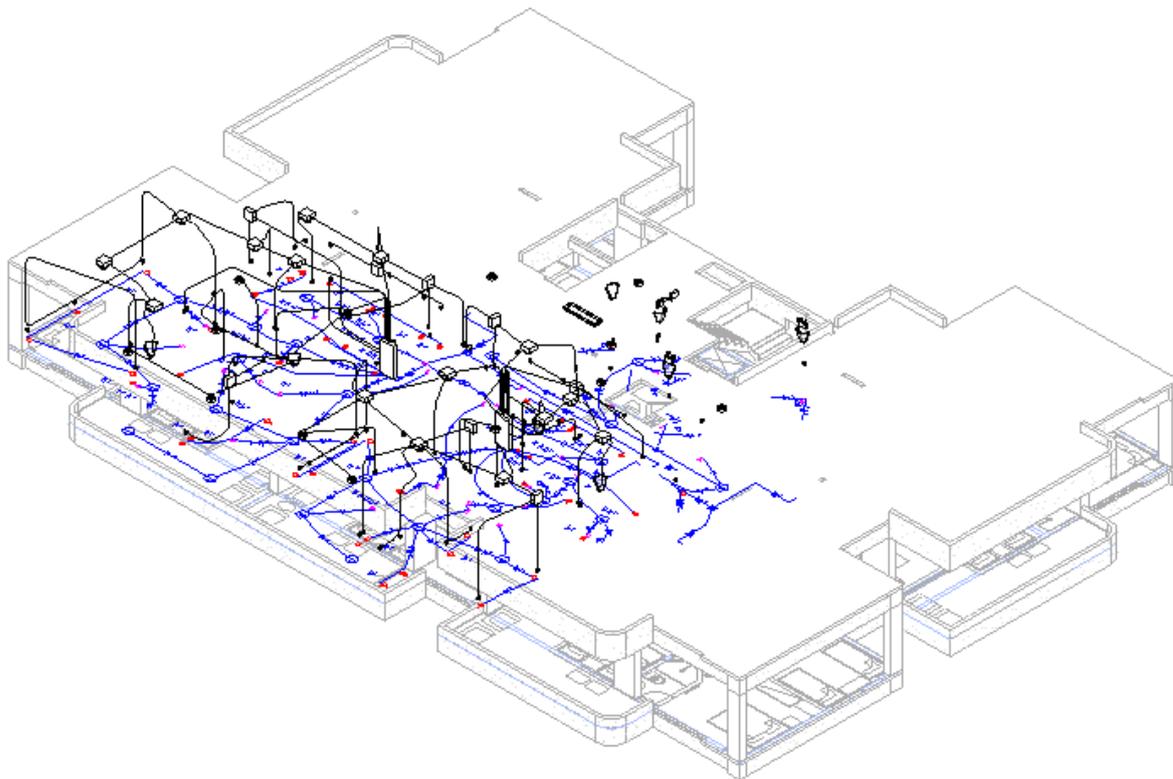


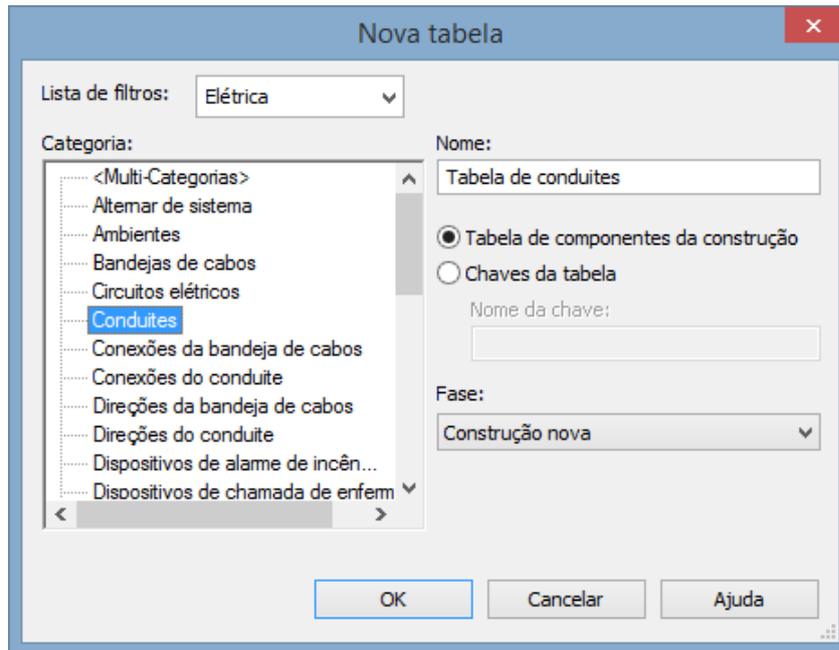
Figura 31: Projeto Elétrico Modelado - Vista 3D (AUTORA)



4.2.1.5 Gerando Tabela de Quantitativos

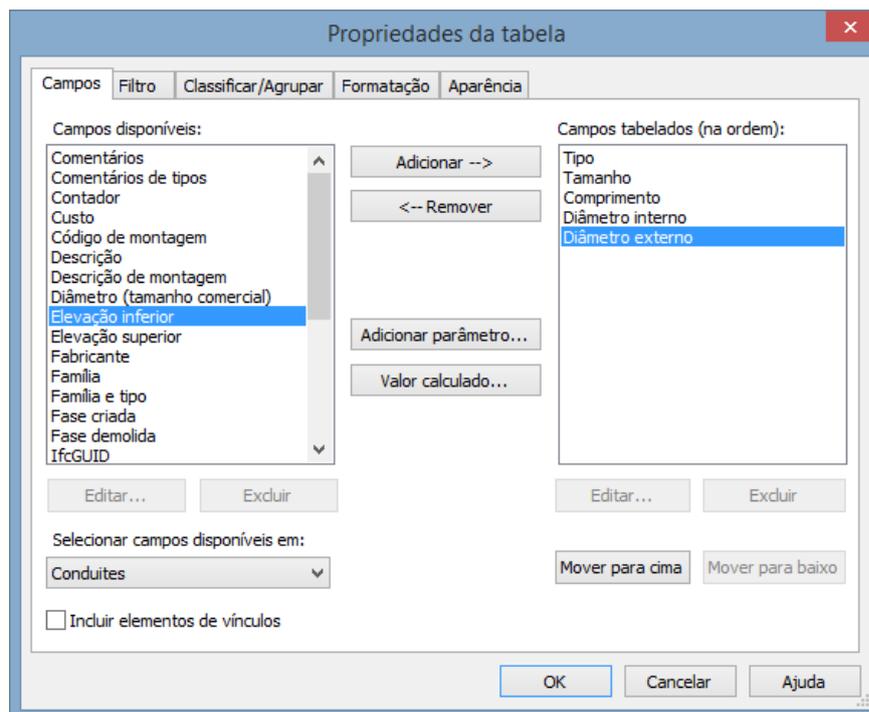
Após a criação de todos os sistemas, foi criada uma tabela de quantitativos no caminho Vista → Tabelas → Tabela/Quantidades. Ao selecionar o ícone Tabela/Quantidades, abre-se a caixa de diálogo Nova tabela (ver Figura 32), para que seja selecionado o tipo de tabela que se deseja criar. Neste trabalho foram criadas tabelas de conduítes visando demonstrar o processo de criação de tabelas de quantitativos.

Figura 32: Caixa de Diálogo Nova Tabela (AUTORA)



Após a escolha da categoria da tabela, abre-se a caixa de diálogo Propriedades da tabela, que permite a escolha dos campos que devem aparecer na tabela, como mostrado na Figura 33 a seguir.

Figura 33: Caixa de Diálogo Propriedades da Tabela (AUTORA)



A seguir está representado um trecho da tabela criada (Figura 34).

Figura 34: Tabela de Quantitativos de Conduítes (AUTORA)

<Tabela de conduites>				
A	B	C	D	E
Tipo	Tamanho	Comprimento	Diâmetro externo	Diâmetro interno
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.30	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.30	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.43	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.44	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	3.08	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.50	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.96	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.13	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.17	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.27	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.10	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.88	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.22	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.34	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.29	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.45	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.12	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	2.02	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.49	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.94	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	2.20	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.26	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.30	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	0.25	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.18	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	1.86	60 mm	53 mm
Conduíte não-metálico rígido	53 mmø	3.94	60 mm	53 mm

4.2.2 VERIFICAÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS DO PROJETO ELÉTRICO

Após a finalização da modelagem do projeto de instalações elétricas, foi possível realizar a verificação das interferências. Na aba Colaborar → painel Coordenação → Verificação de interferências, a caixa de diálogo “Verificar Interferência” é aberta e permite a seleção do projeto em que se deseja realizar a verificação e dos itens que devem ser verificados. Neste estudo foram escolhidos dois casos: Projeto Arquitetônico x Projeto Elétrico e Projeto Estrutural x Projeto Elétrico. Ao selecionar os elementos relevantes para a verificação das interferências, esta é direcionada para verificar apenas os elementos escolhidos. Não selecionando nenhum elemento, a verificação será executada para todos os elementos do projeto em questão. Entretanto, realizar a verificação de interferências com todos os

elementos do projeto pode ser um processo demorado e desnecessário, já que serão identificadas inúmeras interferências irrelevantes. Neste estudo, foram selecionados os principais itens de cada projeto, como mostrado nas caixas de diálogo de cada especialidade exibidas nas figuras a seguir (Figura 35, Figura 36 e Figura 37).

Figura 35: Caixa de Diálogo de Verificação de Interferências - Instalações Elétricas x Estrutura (AUTORA)

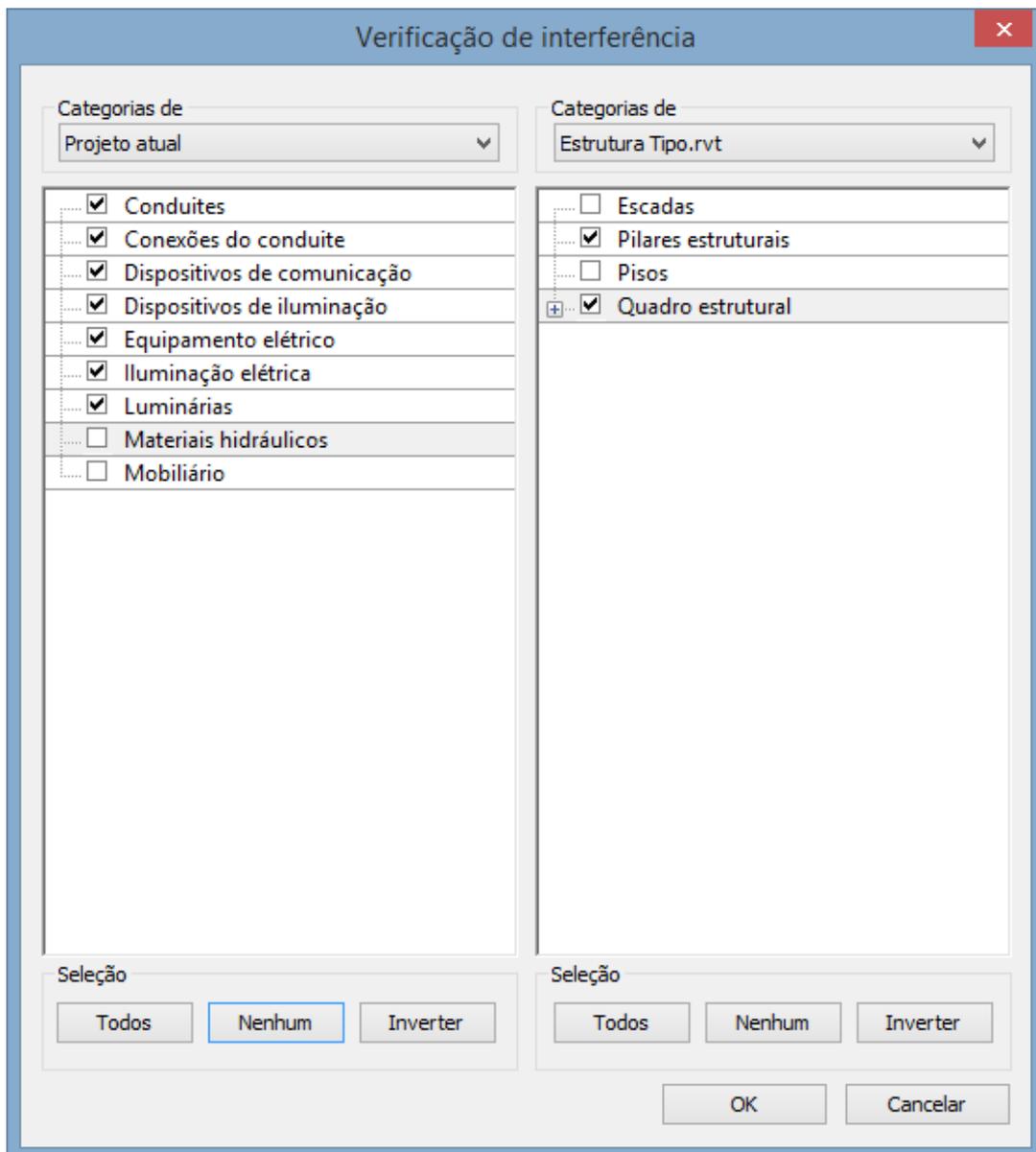


Figura 36: Caixa de Diálogo de Verificação de Interferências - Instalações Elétricas x Instalações Elétricas (AUTORA)

Verificação de interferência

Categorias de
Projeto atual

- Conduites
- Conexões do conduite
- Dispositivos de comunicação
- Dispositivos de iluminação
- Equipamento elétrico
- Iluminação elétrica
- Luminárias
- Materiais hidráulicos
- Mobiliário

Seleção
Todos Nenhum Inverter

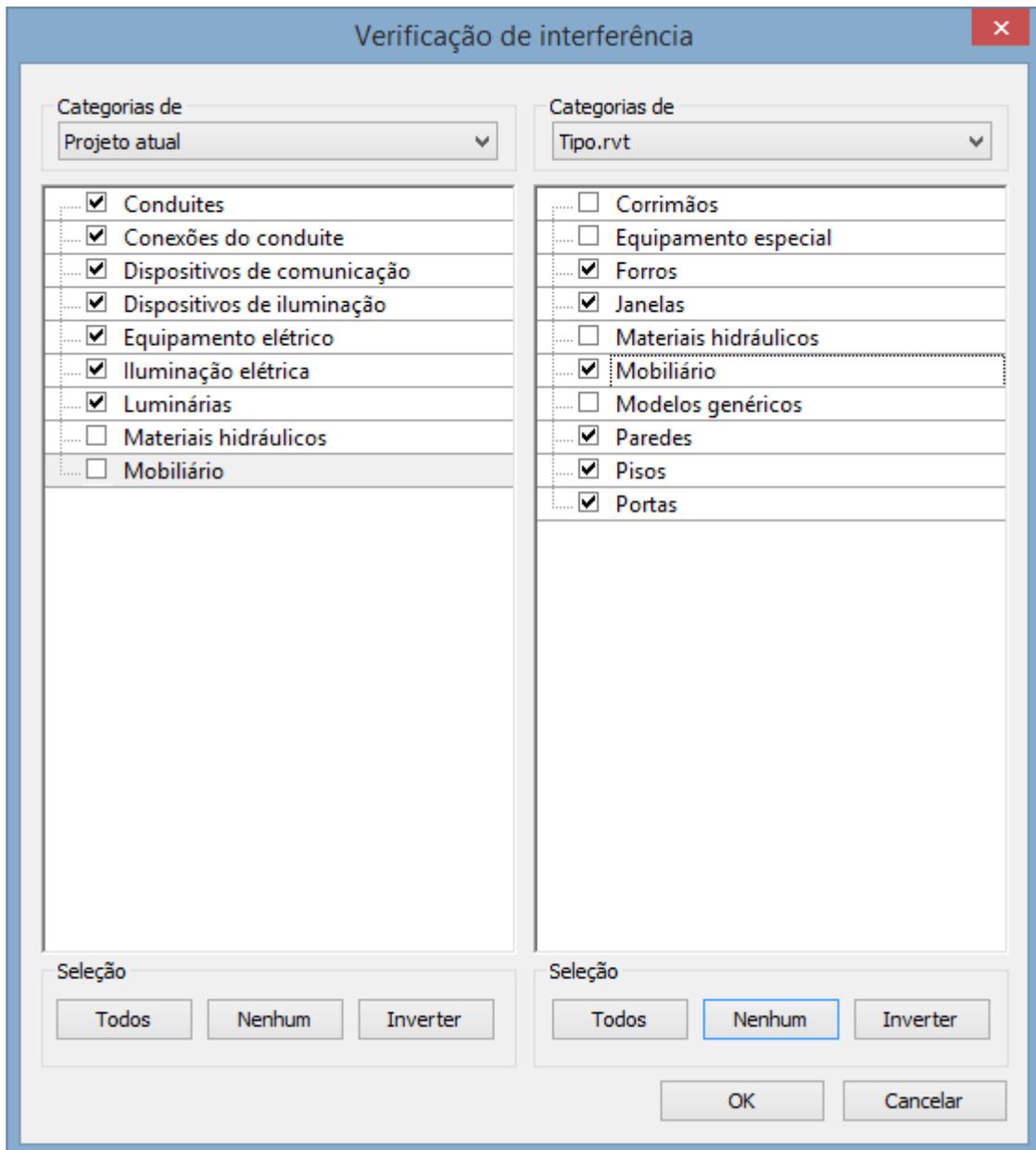
Categorias de
Projeto atual

- Conduites
- Conexões do conduite
- Dispositivos de comunicação
- Dispositivos de iluminação
- Equipamento elétrico
- Iluminação elétrica
- Luminárias
- Materiais hidráulicos
- Mobiliário

Seleção
Todos Nenhum Inverter

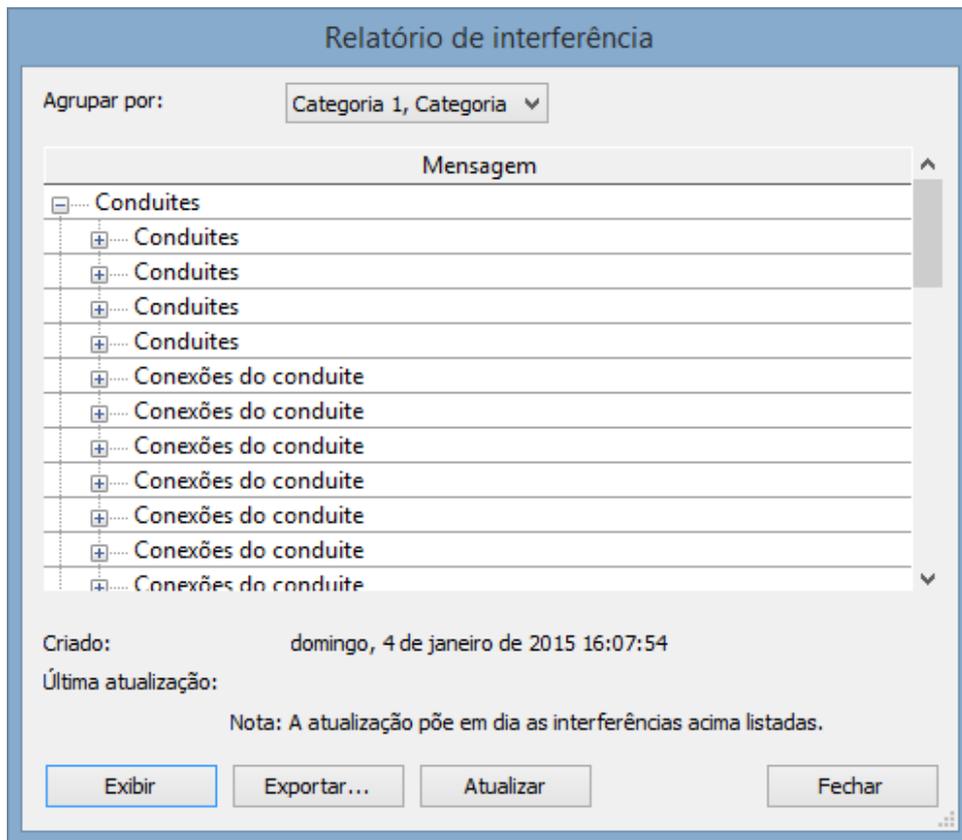
OK Cancelar

Figura 37: Caixa de Diálogo de Verificação de Interferências - Instalações Elétricas x Arquitetura (AUTORA)



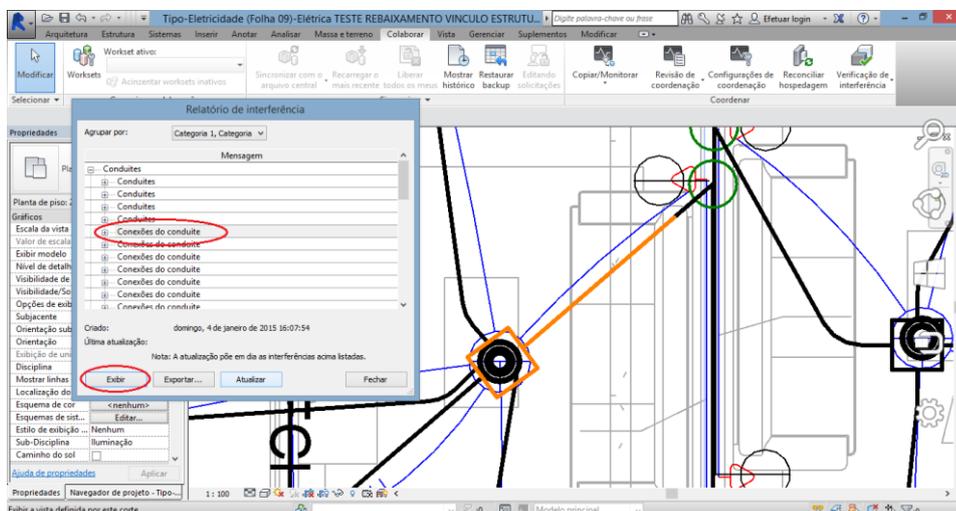
Após escolha dos elementos a serem verificados no projeto, executa-se a verificação das interferências clicando em “Ok”. Não existindo interferências a reportar, uma caixa de diálogo exibe informações sobre isto. Havendo interferências a reportar, a caixa de diálogo “Relatório de interferência” é exibida. A caixa de diálogo lista todos os elementos que estão em conflito uns com os outros. A caixa de diálogo Relatório de interferência está representada na Figura 38 a seguir.

Figura 38: Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Instalações Elétricas (AUTORA)



Para visualizar os elementos conflitantes, seleciona-se o elemento na caixa de diálogo e clica-se em “Exibir”. O elemento conflitante é realçado na cor laranja (ver Figura 39). Para corrigir o conflito, é necessário modificar os elementos conflitantes e, após a correção, seleciona-se a opção “Atualizar” na caixa de diálogo.

Figura 39: Elemento conflitante realçado (AUTORA)



Para gerar o relatório de interferência, é selecionada a opção “Exportar” da caixa de diálogo, gerando um arquivo HTML. O relatório é formado por duas colunas (A e B) que relacionam cada uma das categorias selecionadas para verificação. Os relatórios foram copiados e inseridos numa planilha de Excel. A seguir estão representados alguns trechos de cada relatório (Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4), o relatório completo se encontra no Anexo.

Quadro 2: Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Instalações Elétricas

Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Instalações Elétricas		
	A	B
1	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 100 : ID 722233	Conduítes : Conduíte sem conexões : Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 360 : ID 771347
2	Conduítes : Conduíte sem conexões : Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 82 : ID 728768	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 390 : ID 728916
3	Conduítes : Conduíte sem conexões : Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 83 : ID 728894	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - Cruzamento - PVC : Padrão - Marca 1283 : ID 779779
4	Conduítes : Conduíte sem conexões : Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 84 : ID 728914	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 390 : ID 728916
5	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 390 : ID 728916	Conduítes : Conduíte sem conexões : Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 282 : ID 760196

Quadro 3: Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Estrutura

Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Estrutura		
	A	B
1	Conduítes : Conduíte sem conexões : Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 384 : ID 779708	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521299
2	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1281 : ID 779732	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521299
3	Conduítes : Conduíte sem conexões : Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 32 : ID 722223	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521345
4	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 100 : ID 722233	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521345
5	Conduítes : Conduíte sem conexões : Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 246 : ID 757207	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521345

Quadro 4: Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Arquitetura

Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Arquitetura		
	A	B
1	Dispositivos de iluminação : M_Interruptores de luz1 : Poste simples - Marca 13 : ID 635330	Tipo.rvt : Portas : Família Porta : Porta 70x210 - Marca 19 : ID 438765
2	Conduites : Conduíte sem conexões : Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 107 : ID 737170	Tipo.rvt : Portas : Família Porta : Porta 70x210 - Marca 19 : ID 438765
3	Conduites : Conduíte sem conexões : Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 379 : ID 777572	Tipo.rvt : Portas : Família Porta : Porta 80x210 - Marca 22 : ID 439079
Fim do relatório de interferência		

4.2.3 EXPOSIÇÃO E ANÁLISE DAS INTERFERÊNCIAS

Inicialmente, a verificação de interferências foi utilizada para visualizar possíveis erros na modelagem do projeto. Ao efetuar a verificação de interferências entre os elementos elétricos do projeto, o Revit pontuou diversas interferências referentes a erros de conexão entre conduítes, por exemplo, que podem ocorrer devido a erros na execução da modelagem ou a falhas causadas pelo próprio software. Visualizando tais conflitos através do relatório gerado pelo Revit, foi possível corrigir alguns erros e resumir o relatório de interferências aos conflitos reais. Algumas interferências foram identificadas durante o processo de modelagem do projeto, devido à facilidade proporcionadas pelos cortes e vistas tridimensionais.

4.2.3.1 Instalações Elétricas x Instalações Elétricas

As interferências encontradas entre os elementos de instalações elétricas foram analisadas uma a uma e foi observado que muitas delas dizem respeito a problemas similares. Os problemas ficaram concentrados em caixas de passagem que não suportavam a quantidade de conduítes projetadas para passar pela mesma. Para cada situação deste tipo, uma interferência foi gerada para cada conduíte presente no conflito. Existiram, portanto, muitas interferências que representavam o mesmo problema. Este tipo de interferência poderia ser evitado com a utilização de

caixas de passagem com mais entradas para os conduítes. Entretanto, foi considerado relevante considerar tais interferências, já que elas chamaram atenção para alguns locais com grande quantidade de conduítes, que certamente provocariam problemas na execução e manutenção das instalações, dada a grande quantidade de conduítes passando pelo local. Para evitar esta concentração de conduítes, seria necessário expor tais problemas aos projetistas e analisar a possibilidade serem utilizados traçados alternativos, ou mais caixas de passagem, dividindo os conduítes entre elas. Outros conflitos indicados foram referentes a diferentes conduítes passando muito próximos um do outro e conflitos de conexão entre os elementos, por falha do próprio software, sendo estes últimos desconsiderados como conflitos reais. Um caso encontrado durante a modelagem do projeto foi referente a locais com elementos elétricos muito próximos, exigindo uma inclinação brusca com trechos muito curtos do conduíte. As figuras a seguir mostram algumas das interferências encontradas (Figura 40, Figura 41 e Figura 42).

Figura 40: Caixa de passagem que não suporta a quantidade de conduítes projetados para passar por ela (AUTORA)

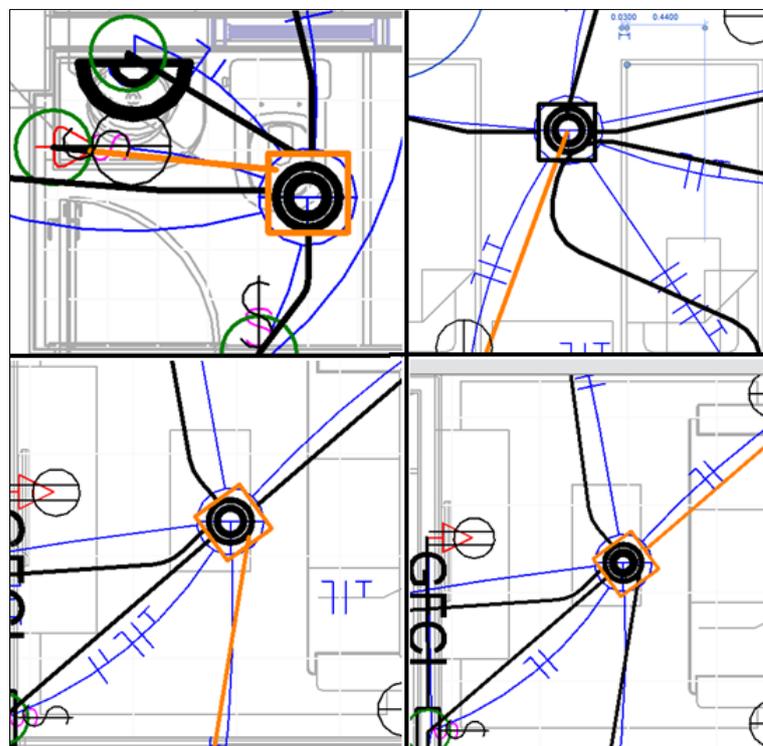


Figura 41: Conduítes com traçado conflitante (AUTORA)

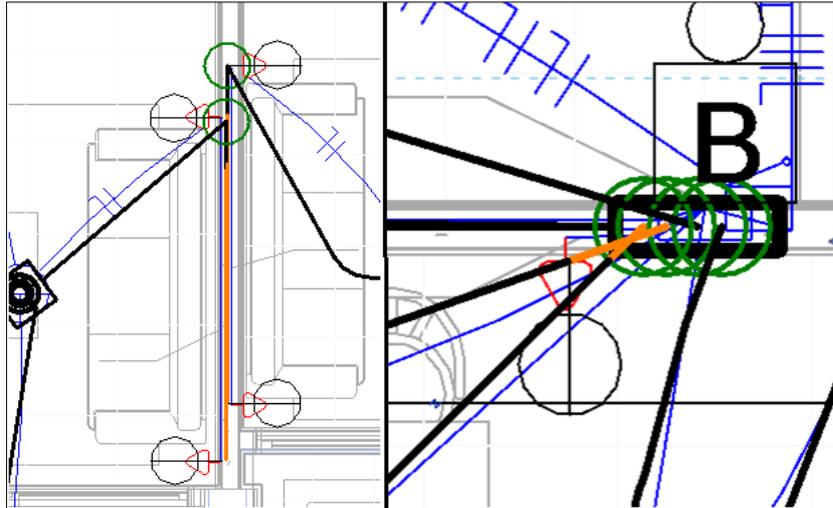
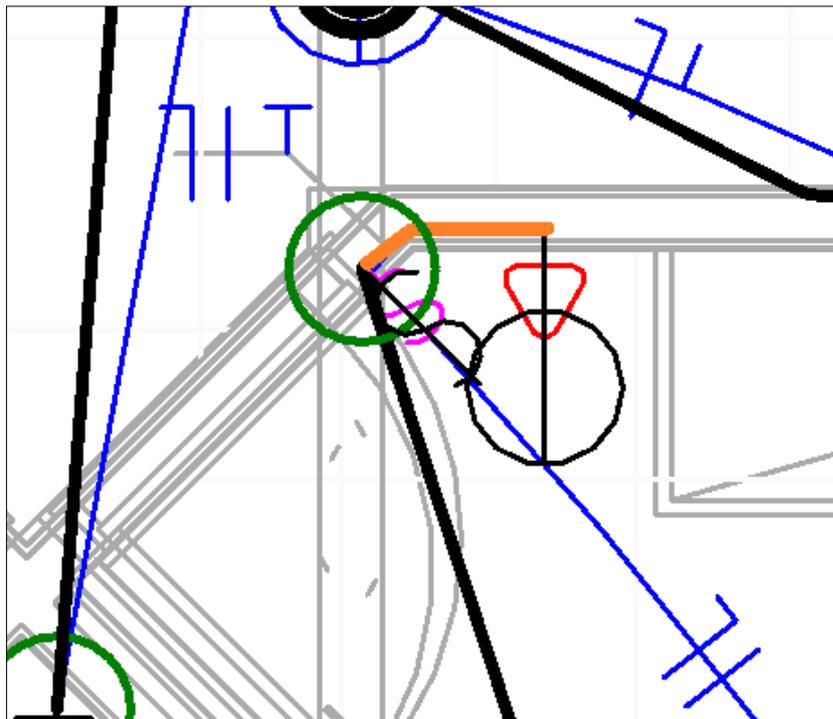


Figura 42: Inclinação muito brusca do conduíte em trechos curtos (AUTORA)



Os conflitos reportados no relatório de interferências foram contabilizados e classificados de acordo com o tipo de interferência, como mostrado no quadro e nos gráficos a seguir.

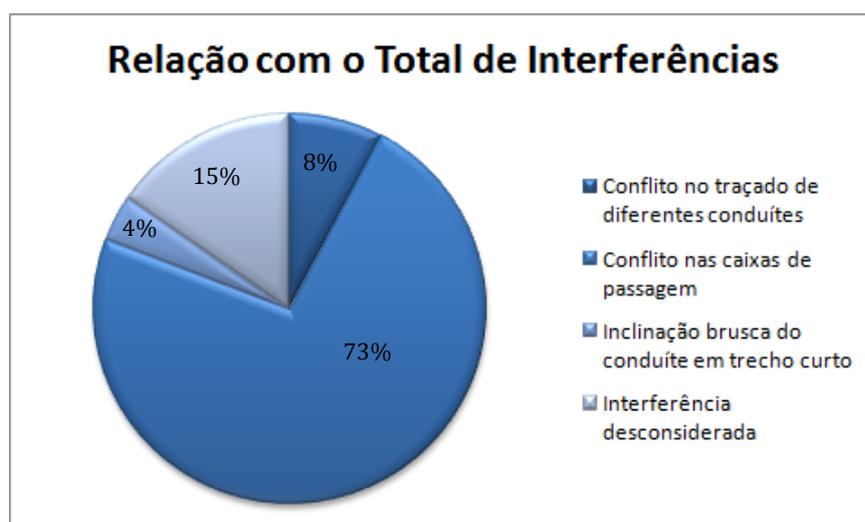
Quadro 5: Quantitativo de Interferências (Instalações Elétricas x Instalações Elétricas)

Tipo de Interferência	Quantidade	Relação com o total
Conflito no traçado de diferentes conduites	2	8%
Conflito nas caixas de passagem	19	73%
Inclinação brusca do conduíte em trecho curto	1	4%
Interferência desconsiderada	4	15%
Total de Interferências	26	100%

Gráfico 1: Quantitativo das interferências (Instalações Elétricas x Instalações Elétricas)



Gráfico 2: Relação com o total das interferências (Instalações Elétricas x Instalações Elétricas)



Os conflitos reportados no relatório de interferências são comumente identificados na etapa de execução da obra. Atrasos nos cronogramas devido a conflitos entre conduites são problemas recorrentes, já que muitas atividades só

podem ser executadas quando finalizadas as instalações necessárias. Como exemplo, tem-se uma construção em *drywall*, em que toda a instalação que passa pelas paredes deve ser executada para que a parede em *drywall* possa ser fechada e possa-se dar continuidade aos serviços seguintes. A metodologia de compatibilização BIM tem como objetivo sanar tais problemas, prevendo os possíveis conflitos e solucionando-os ainda na etapa de projeto.

4.2.3.2 Instalações Elétricas x Estrutura

A verificação das interferências entre instalações elétricas e estrutura foi feita combinando os elementos elétricos com pilares e vigas. Muitos conflitos foram reportados por conta da passagem dos conduítes através das vigas. Para evitar tais conflitos, é necessário o dimensionamento dos furos para passagem de tubulações nas vigas. O traçado do projeto de instalações elétricas foi projetado partindo da laje do teto e descendo pelas paredes até os pontos de uso. Desta forma, como não existe projeto dos furos nas vigas, todos os trechos de conduítes localizados na transição da laje do teto para as paredes foram identificados como interferências. A modelagem do projeto elétrico através de um modelo tridimensional possibilitou uma boa visualização em relação aos possíveis conflitos dos conduítes com os pilares. Por conta do traçado dos conduítes ocorrer da laje do teto para as paredes e daí para os pontos de uso, não foi necessário que os conduítes contornassem as paredes e conseqüentemente, interceptassem os pilares. Desta forma, não existiram conflitos referentes à passagem dos conduítes nos pilares. Também não foram encontrados conflitos referentes a elementos elétricos nos pilares. Foram reportados alguns conflitos entre luminárias e vigas, em que as luminárias foram locadas em locais de passagem de vigas. Alguns exemplos das interferências encontradas estão representados a seguir (Figura 43 e Figura 44).

Figura 43: Passagem dos conduítes através das vigas (AUTORA)

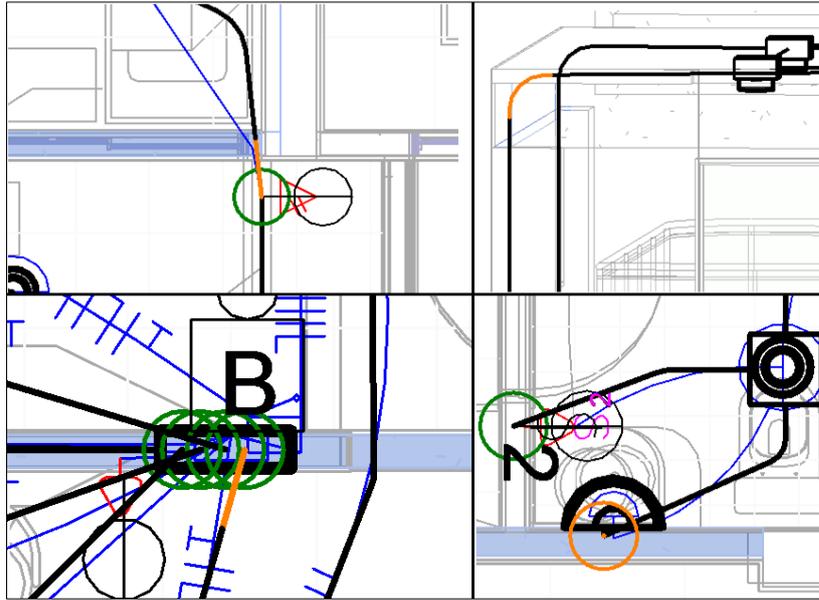


Figura 44: Luminárias locadas em local de passagem de viga (AUTORA)



Os conflitos reportados no relatório de interferências foram contabilizados e classificados de acordo com o tipo de interferência, como mostrado no quadro e nos gráficos a seguir.

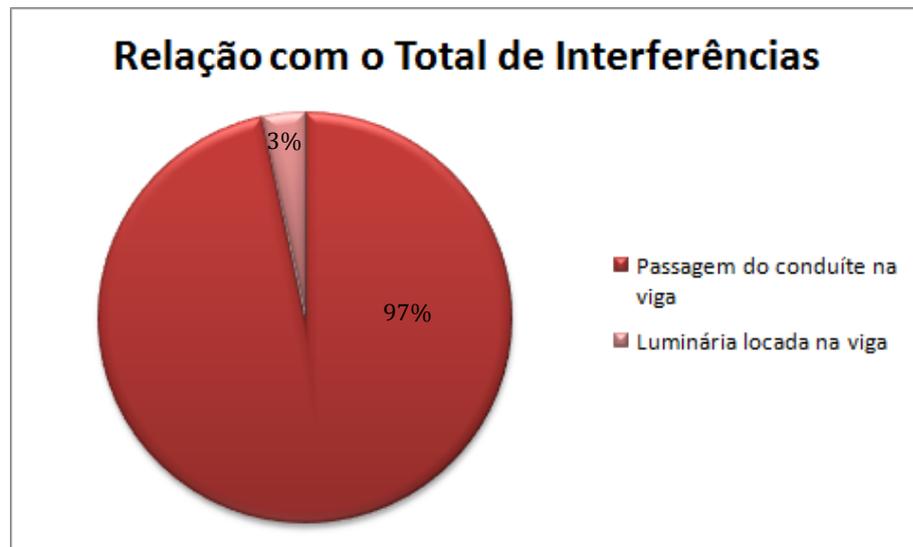
Quadro 6: Quantitativo de Interferências (Instalações Elétricas x Estrutura)

Tipo de Interferência	Quantidade	Relação com o total
Passagem do conduíte na viga	58	97%
Luminária locada na viga	2	3%
Total de Interferências	60	100%

Gráfico 3: Quantitativo das interferências (Instalações Elétricas x Estrutura)



Gráfico 4: Relação com o total das interferências (Instalações Elétricas x Estrutura)



Os principais conflitos encontrados foram referentes à passagem de conduítes nas vigas. Para sanar estas interferências é necessário um projeto de passagem de tubulação em vigas. Muitas obras, por não possuírem o dimensionamento prévio destes furos, terminam por executar a estrutura sem prever a passagem de tubulação. Em muitos casos, a estrutura é executada antes mesmo do engenheiro de campo possuir os projetos de instalações em mãos, levando a um conflito inevitável entre estrutura e instalações. Outro grande problema relacionado ao projeto de furos para passagem de tubulação nas vigas é a necessidade de

compatibilização destes projetos, referentes a cada uma das especialidades. Ou seja, é necessário que as passagens das tubulação estejam compatíveis para todos os projetos de instalações da obra: instalações elétricas, hidráulicas, de incêndio, dentre outras. Com o uso da metodologia BIM no empreendimento, a compatibilização de todos os projetos ocorrerá ao longo do desenvolvimento do projeto, levando à diminuição da ocorrência de imprevistos em campo.

4.2.3.3 Instalações Elétricas x Arquitetura

As interferências entre instalações elétricas e arquitetura foram verificadas combinando itens de louças, mobiliários e esquadrias com os elementos elétricos. Foram encontradas duas interferências referentes a conduítes muito próximos à abertura de portas e uma interferência referente a um dispositivo de iluminação locado muito próximo à porta. Não foram reportadas interferências referentes a móveis ou janelas. A seguir são apresentadas algumas figuras das interferências encontradas (Figura 45 e Figura 46).

Figura 45: Traçado de conduítes muito próximo às portas (AUTORA)

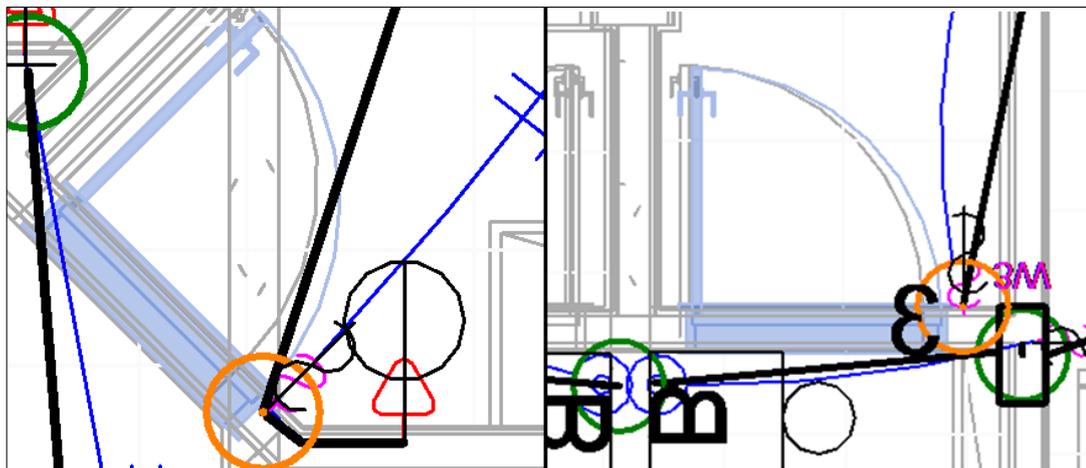
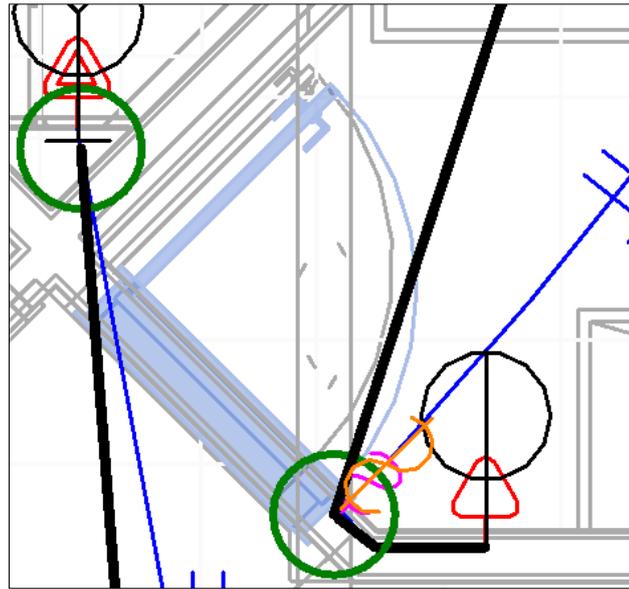


Figura 46: Dispositivo de Iluminação muito próximo à porta (AUTORA)



Os conflitos reportados no relatório de interferências foram contabilizados e classificados de acordo com o tipo de interferência, como mostrado no quadro e nos gráficos a seguir.

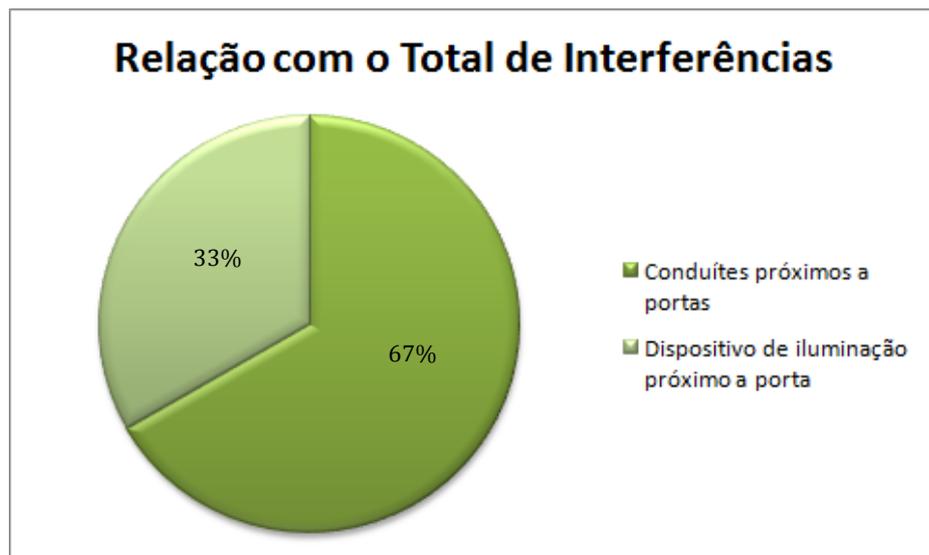
Quadro 7: Quantitativo de Interferências (Instalações Elétricas x Arquitetura)

Tipo de Interferência	Quantidade	Relação com o total
Conduites próximos a portas	2	67%
Dispositivo de iluminação próximo a porta	1	33%
Total de Interferências	3	100%

Gráfico 5: Quantitativo das interferências (Instalações Elétricas x Arquitetura)



Gráfico 6: Relação com o total das interferências (Instalações Elétricas x Arquitetura)



4.2.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E COMPARAÇÃO COM O PROCESSO TRADICIONAL DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Ao fazer uma análise das interferências identificadas em cada especialidade, pôde-se perceber que o maior número de interferências foi encontrado na verificação de instalações elétricas com a estrutura da edificação. Os conflitos envolvendo elementos estruturais são preocupantes, porque envolvem não apenas atrasos e retrabalhos na obra, mas a segurança da edificação, já que as correções

necessárias estão atreladas à capacidade resistente da estrutura. O que se destacou na verificação de interferências entre as próprias instalações elétricas foi o conflito entre os diferentes conduítes, sendo este um problema recorrente em obras, onde as tubulações são, muitas vezes, emboladas para caberem em seus devidos locais de projeto. A verificação de interferências com a arquitetura gerou a menor quantidade de conflitos. O total de interferências das diferentes especialidades está representado através do quadro e dos gráficos a seguir.

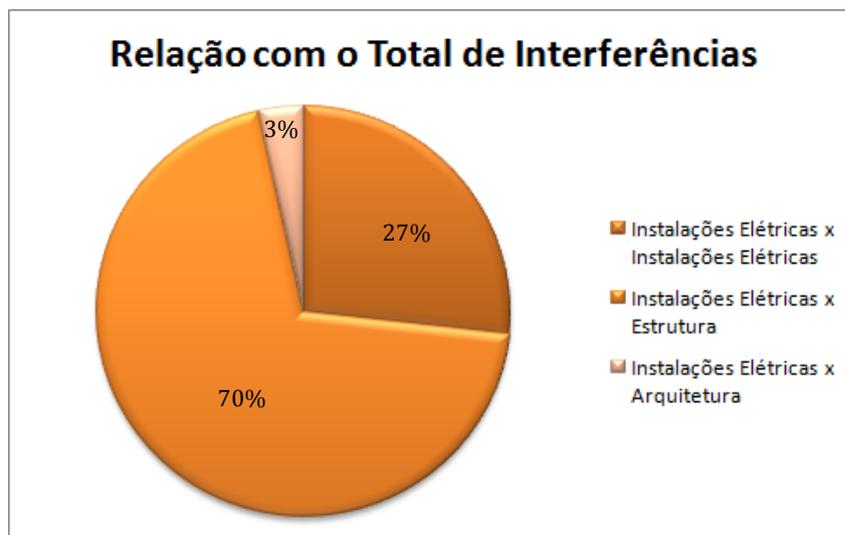
Quadro 8: Quantitativo Total de Interferências

Verificação	Quantidade Total	Relação com o total
Instalações Elétricas x Instalações Elétricas	23	27%
Instalações Elétricas x Estrutura	60	70%
Instalações Elétricas x Arquitetura	3	3%
Total de Interferências	86	100%

Gráfico 7: Quantitativo de Interferências Total

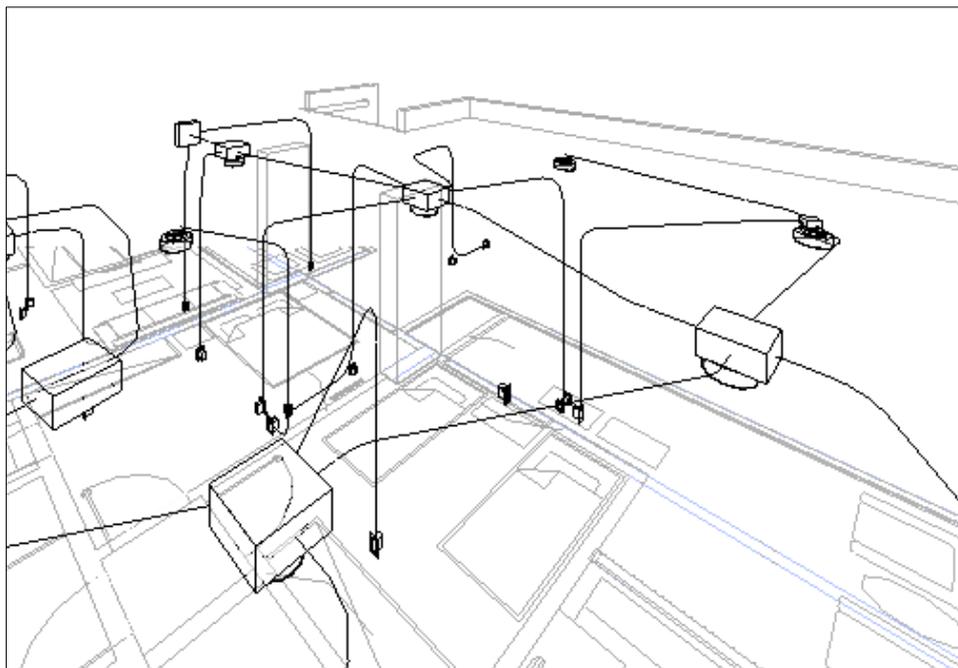
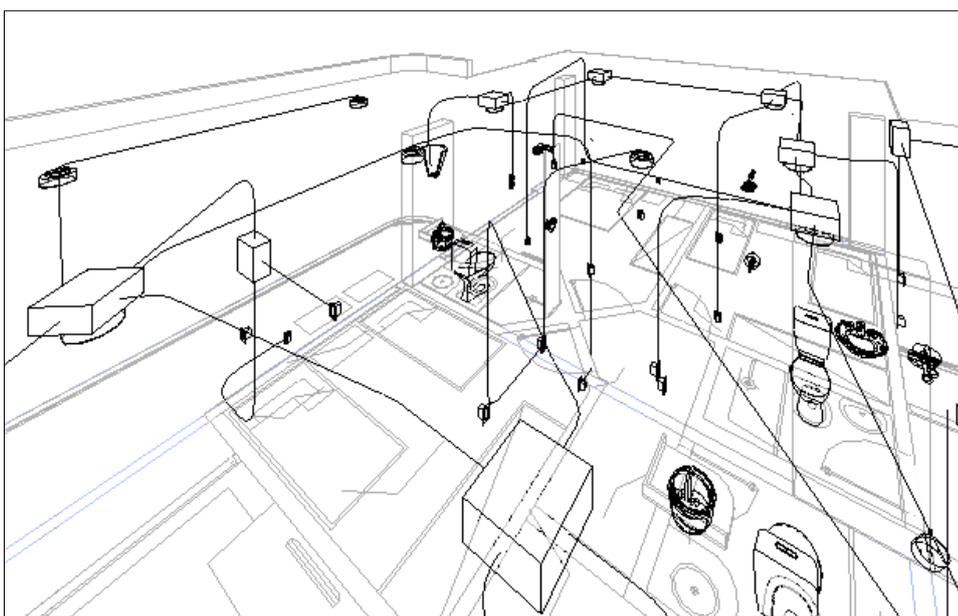


Gráfico 8: Parcela de Interferências de cada Especialidade



O projeto de instalações elétricas fornecido para o desenvolvimento deste trabalho apresentou informações suficientes para uma modelagem crua do projeto. Para o perfeito funcionamento da metodologia BIM, é interessante a obtenção do máximo de informações possíveis sobre o modelo, permitindo a criação de um modelo completo, com informações geométricas, quantitativas e qualitativas. No desenvolvimento deste trabalho, não foi possível a obtenção de todas as informações desejáveis, já que não existiu um contato direto e constante com os projetistas. Entretanto, foram obtidas informações suficientes para a modelagem do projeto visando a realização da verificação de interferências.

Através da modelagem e compatibilização dos projetos dos apartamentos tipo estudados, foi possível a verificação das interferências, que foram analisadas e quantificadas. Ao longo do processo de modelagem, pôde-se perceber a importância dos cortes e vistas tridimensionais (ver Figura 47 e Figura 48), que facilitaram o entendimento do projeto por conta das amplas possibilidades de visualização do mesmo, fato que não é possível em projetos em CAD bidimensional. Durante o desenho do traçado dos conduítes, as vistas tridimensionais e os cortes se fizeram essenciais no entendimento e visualização do projeto. Sendo, em alguns casos, realizado o desenho através do próprio corte. A vista tridimensional não é indicada para desenho dos conduítes, mas muito útil na visualização e conferência do projeto.

Figura 47: 1ª Vista Tridimensional do Projeto (AUTORA)**Figura 48: 2ª Vista Tridimensional do Projeto (AUTORA)**

Durante o desenvolvimento do estudo de caso, foi possível perceber que o próprio processo de modelagem exigiu um olhar diferenciado sobre o projeto, demandando informações mais completas e coerentes. A obtenção dessas informações na etapa de desenvolvimento do projeto é essencial para evitar que a falta das mesmas só seja sentida na etapa de execução da obra. Portanto, através

do estudo realizado, pôde-se perceber que o desenvolvimento do projeto através do BIM conduz a uma percepção melhor do projeto e das informações necessárias para a sua boa compreensão em campo.

Nos projetos tradicionais de CAD bidimensional, a separação da informação em diferentes vistas (plantas, cortes, detalhamentos, etc.) dificulta a detecção de interferências, multiplicando o trabalho e o tempo para que a verificação seja realizada. A partir do BIM, a verificação de interferências, é facilitada, pela automação e boa visualização do projeto. Com o uso do BIM, foi possível a verificação das interferências de forma automatizada e rápida, através das ferramentas de verificação de interferências do software. Por se tratar de um ambiente tridimensional e paramétrico, a visualização das interferências foi possível com maior facilidade e rapidez.

Além dos cortes e vistas tridimensionais, outras ferramentas BIM proporcionaram facilidades, como a geração de relatórios de interferência e tabelas de quantitativos, que auxiliam no processo de desenvolvimento e compatibilização do projeto. No processo tradicional de projeto, estes relatórios e tabelas seriam gerados a custo de muito trabalho e tempo despendido. Com o uso do BIM, estas atividades puderam ser executadas de forma automática, sem demandar trabalhos cansativos ou grandes períodos de tempo.

Para o desenvolvimento do trabalho, foi necessário o aprendizado do uso do software utilizado, sendo este um dos benefícios obtidos do estudo. À medida que o trabalho foi desenvolvido, o aprendizado pôde ser aprimorado, permitindo um melhor uso do software, com menores tempos de trabalho. O maior tempo despendido no estudo de caso ocorreu no processo de modelagem, não podendo ser tomado como parâmetro se considerado o processo de aprendizagem. Entretanto, o tempo despendido no processo de verificação de interferências foi curto, se mostrando um processo rápido e eficaz. Apesar do conhecimento prévio nulo em relação ao software utilizado no trabalho, o estudo de caso demonstrou que os processos de projeto e de compatibilização foram beneficiados pelo uso do BIM, identificando as interferências de forma automatizada e eficiente. Portanto, associando a metodologia e tecnologia BIM à experiência dos profissionais da área, o processo de projetos será certamente beneficiado pelo uso do BIM.

5 CONCLUSÃO

Para atingir o primeiro objetivo específico traçado na etapa inicial do trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, apresentando conceitos sobre a produção de projetos, conceitos e ferramentas da compatibilização de projetos e conceitos, ferramentas e aplicações do BIM.

As ferramentas apresentadas foram colocadas em prática no estudo de caso realizado, de forma a atingir o segundo objetivo específico. O estudo de caso consistiu na modelagem de um projeto elétrico da base CAD 2D para o Revit MEP. Através do projeto modelado, foram realizadas as verificações de interferências e sua classificação e análise, de forma a contemplar o terceiro objetivo específico. Os resultados foram expostos através de gráficos e tabelas.

Um dos benefícios obtidos através do estudo realizado foi a aprendizagem proporcionada pelo uso do software, que se mostrou uma ferramenta de fácil utilização e grande utilidade.

Com base nos resultados, pôde-se perceber o potencial da ferramenta BIM para uma compatibilização de projetos mais rápida e eficaz. Apesar das informações limitadas e da pouca comunicação com os projetistas, foi possível modelar o projeto de instalações elétricas e realizar a verificação de interferências, identificando os conflitos e sendo possível coordená-los facilmente. Comparando-se com o método tradicional de compatibilização de projetos, pôde-se perceber uma maior facilidade, eficiência e eficácia do processo. O CAD 2D possui limitações de visualização de espaços, sendo mais difícil identificar as interferências através do mesmo. No BIM, o próprio processo de modelagem do projeto e a possibilidade de visualização do projeto por cortes e vistas tridimensionais, facilitam a identificação de conflitos e o processo de compatibilização dos projetos.

Uma modelagem do projeto de forma mais completa, seria possível através de uma maior quantidade de informações do projeto e melhor comunicação com os projetistas. A metodologia BIM necessita desta integração entre os intervenientes do projeto, para que todas as informações necessárias sejam passadas e um modelo mais completo possa ser construído.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se estudar a compatibilização de todos os projetos de uma edificação completa, realizando o desenvolvimento do projeto diretamente a partir do Revit. A compatibilização pode ser feita também com

o planejamento da obra. Para o desenvolvimento de um trabalho completo, é essencial um contato direto com todos os intervenientes do projeto.

A utilização da metodologia e tecnologia BIM para a compatibilização de projetos tem se mostrado um grande avanço para o setor AEC, o que pôde ser comprovado através deste trabalho. Para que se possa usufruir dos benefícios que esta ferramenta tem a oferecer, é necessária uma mudança na cultura e nos costumes enraizados nos profissionais do setor da construção civil. Desta forma, o BIM representará o avanço que o setor AEC necessita para se tornar um setor mais moderno e competitivo, tendendo a reduzir as falhas e otimizar os processos construtivos.

REFERÊNCIAS

- ADDOR, M.; CASTANHO, M.; CAMBIAGHI, H.; DELATORRE, J.; NARDELLI, E.; OLIVEIRA, A. *Colocando o “i” no BIM*. Revista eletrônica de arquitetura e urbanismo, edição nº 4, 2010. Disponível em: <http://www.usjt.br/arq.urb>. Acesso em: 20 nov. 2014.
- AUTODESK. *Revit - Visão Geral*. Disponível em: <http://www.autodesk.com.br>. Acesso em: 14 out. 2014
- BACK, N.; OGLIARI, A. *Desenvolvimento do produto: engenharia simultânea*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica Disciplina de Gerenciamento de Projetos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.
- BARROS, M.M.S.B.; MELHADO, S.B. *Racionalização do projeto de edifícios construídos pelo processo tradicional*. Seminário (pós-graduação) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.
- BOTTEGA, B. S. *Avaliação dos efeitos do uso da tecnologia BIM sobre a coordenação de projetistas*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- BIAGINI, C. *BIM strategies in architectural project management*. DICeA - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Firenze (I). 2007.
- CALLEGARI, S.; BARTH, F. *Análise comparativa da compatibilização de projetos em três estudos de caso*. Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFSC. Florianópolis, 2007.
- CALVERT, N. *Why we care about BIM...* Disponível em: <http://www.directionsmag.com>. Acesso em: 04 jan. 2014.
- COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. *Compatibilização*. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br>. Acesso em: 28 dez. 2014.
- FONTENELLE, E. C. *Estudos de caso sobre a gestão do projeto em empresas de incorporação e construção*. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia. 2002.
- FROESE, T. *Future directions for ifc-based interoperability*. Dept. of Civil Engineering, University of British Columbia. 2003.
- JACOSKI, C. A. *Integração e interoperabilidade em projetos de edifícios - uma implementação com IFC/XML*. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

KISCHEL, F. *O uso da metodologia BIM (building information modeling) para gerenciamento de projetos: gerente bim*. Monografia. Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2013.

MANZIONE, L. *Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM*. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. *O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle*. São Paulo, 1995.

MELHADO, S.B. *Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção*. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

MIKALDO JR, J.; SCHEER, S. *Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução?*. Brasil - Curitiba, PR. 2007. 6 p. *Workshop brasileiro de gestão do processo de projetos na construção de edifícios*, 7., Curitiba, 2007.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. *Smart Market Report: The business value of bim for construction in major global markets – How contractors around the world are driving innovation with building information modelling*. Relatório. 2014. Disponível em: <http://www.campestrinitecnologia.com.br/>. Acesso em: 6 dez. 2014.

NASCIMENTO, J. M. *A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil*. Instituto de Pós-Graduação e Graduação – IPOG Goiânia. Goiânia, 2013.

OLIVEIRA, M. *Um método para obtenção de indicadores visando a tomada de decisão na etapa de concepção do processo construtivo: a percepção dos principais intervenientes*. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA/UFRGS). Porto Alegre, 1999.

OLIVEIRA, O. J. *Modelo de gestão para pequenas empresas de projeto de edifícios*. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

RODRIGUEZ, M. A. A. ; HEINECK, L. F. M. *Construtibilidade no processo de projeto de edificações. Simpósio brasileiro de gestão e economia da construção*, 3., 2003, São Carlos. Anais... São Carlos: SIBRAGEQ, 2003. p. 355-366.

SANTOS, A. *Compatibilizar projetos reduz custo da obra em até 10%*. 2013. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/>. Acesso em: 28 dez. 2014.

SANTOS, W. J.; BRANCO, L. A.; ABREU FILHO, J. V. *Compatibilização de projetos: análise de algumas falhas em uma edificação pública. IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão*. Rio de Janeiro. 2013.

SOUZA, F. J. *Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares-estudo de caso*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Católica de Pernambuco. Pernambuco, 2010.

SOUSA JR., A. M.; MAIA, C. C.; CORREIO, P. R. Compatibilização de projeto arquitetônico, estrutural e sanitário: Uma abordagem teórica e estudo de caso. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Revista Monografias Ambientais - REMOA*. Santa Maria, 2014.

SUCCAR B.; SHER W.; WILLIAMS A. *Measuring BIM performance: Five metrics*, *Architectural Engineering and Design Management*, 8:2, 120-142. 2012.

APÊNDICE

Relatório de Interferências		
Instalações Elétricas x Instalações Elétricas		
	A	B
1	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 100 : ID 722233	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 360 : ID 771347
2	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 82 : ID 728768	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 390 : ID 728916
3	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 83 : ID 728894	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - Cruzamento - PVC : Padrão - Marca 1283 : ID 779779
4	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 84 : ID 728914	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 390 : ID 728916
5	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 390 : ID 728916	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 282 : ID 760196
6	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 390 : ID 728916	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 339 : ID 768101
7	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 390 : ID 728916	Conexões do condute : M_Caixa redonda - Cinco saídas - Alumínio : Padrão - Marca 1196 : ID 772155
8	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 94 : ID 734066	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 339 : ID 768101
9	Conexões do condute : M_Cotovelo de condute - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 402 : ID 734158	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 339 : ID 768101
10	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 461 : ID 738479	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 343 : ID 768348
11	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 461 : ID 738479	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 344 : ID 769067
12	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 570 : ID 748547	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 308 : ID 763367
13	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 570 : ID 748547	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 309 : ID 763444
14	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 192 : ID 751604	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 193 : ID 751727
15	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 192 : ID 751604	Conexões do condute : M_Cotovelo de condute - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 676 : ID 751735
16	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 678 : ID 751787	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 195 : ID 751997
17	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 678 : ID 751787	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 294 : ID 761580
18	Conexões do condute : M_Caixa de junção do condute - T - PVC : Padrão - Marca 678 : ID 751787	Conexões do condute : M_Cotovelo de condute - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1117 : ID 768006
19	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 195 : ID 751997	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 353 : ID 769584

20	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 195 : ID 751997	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1177 : ID 769625
21	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 200 : ID 752231	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 338 : ID 767994
22	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 200 : ID 752231	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1117 : ID 768006
23	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 745 : ID 753306	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1244 : ID 775824
24	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 789 : ID 754371	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 792 : ID 754746
25	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 789 : ID 754371	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 374 : ID 776756
26	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 809 : ID 755958	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 811 : ID 755988
27	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 809 : ID 755958	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 235 : ID 756014
28	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 816 : ID 756560	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 355 : ID 769694
29	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 828 : ID 757033	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 245 : ID 757126
30	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 964 : ID 761709	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 974 : ID 762138
31	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 964 : ID 761709	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 357 : ID 770331
32	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - T - PVC : Padrão - Marca 974 : ID 762138	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 357 : ID 770331
33	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1083 : ID 766849	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1137 : ID 768353
34	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 338 : ID 767994	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1117 : ID 768006
35	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 355 : ID 769694	Conexões do conduíte : M_Caixa de junção do conduíte - Cruzamento - PVC : Padrão - Marca 1249 : ID 776482
36	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 368 : ID 775639	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1239 : ID 775664
37	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 419 : ID 783448	Conexões do conduíte : M_Cotovelo de conduíte - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1393 : ID 783471
Fim do relatório de interferência		

Relatório de Interferências

Instalações Elétricas x Estrutura

	A	B
1	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 384 : ID 779708	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521299
2	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1281 : ID 779732	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521299
3	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 32 : ID 722223	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521345
4	Conexões do conduite : M_Caixa de junção do conduite - T - PVC : Padrão - Marca 100 : ID 722233	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521345
5	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 246 : ID 757207	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521345
6	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 831 : ID 757215	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521345
7	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 137 : ID 745765	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521347
8	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 539 : ID 747419	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521347
9	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 157 : ID 748375	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521347
10	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 169 : ID 749627	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521347
11	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 653 : ID 750684	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521347
12	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 320 : ID 765230	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521347
13	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1484 : ID 788709	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521347
14	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1490 : ID 788868	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521347
15	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 442 : ID 789702	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521347
16	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1510 : ID 790028	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521347
17	Luminárias : M_Iluminação de forro - Redonda plana : 60W - 120V - Marca 21 : ID 635398	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521349
18	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 107 : ID 737170	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521349
19	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 429 : ID 737225	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521349

20	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 286 : ID 761129	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521349
21	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 287 : ID 761144	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521349
22	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 938 : ID 761146	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521349
23	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 940 : ID 761149	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521349
24	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 329 : ID 766678	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521351
25	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1500 : ID 789285	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521351
26	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 119 : ID 739056	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521415
27	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 123 : ID 739168	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521415
28	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 480 : ID 739264	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521415
29	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1159 : ID 769429	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521415
30	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 1 : ID 681552	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521425
31	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 22 : ID 720385	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521425
32	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 66 : ID 720459	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521425
33	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 109 : ID 737964	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521425
34	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 330 : ID 766794	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521425
35	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1083 : ID 766849	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521425
36	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1129 : ID 768286	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521425
37	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1137 : ID 768353	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521425
38	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 423 : ID 785091	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521425
39	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1428 : ID 785210	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521425
40	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 230 : ID 755771	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521427

41	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 231 : ID 755786	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521427
42	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 803 : ID 755788	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521427
43	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 805 : ID 755791	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521427
44	Luminárias : M_Iluminação de forro - Redonda plana : 60W - 120V - Marca 37 : ID 635416	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521429
45	Conexões do conduite : M_Caixa de junção do conduite - T - PVC : Padrão - Marca 575 : ID 748867	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521429
46	Conexões do conduite : M_Caixa de junção do conduite - T - PVC : Padrão - Marca 745 : ID 753306	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521431
47	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 318 : ID 763929	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521431
48	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1031 : ID 763937	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521431
49	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 434 : ID 787949	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521431
50	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 435 : ID 787950	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521431
51	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 1469 : ID 787953	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521431
52	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 86 : ID 728936	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521451
53	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 394 : ID 728946	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521451
54	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 190 : ID 751278	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521451
55	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 671 : ID 751596	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521451
56	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 202 : ID 752386	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521453
57	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 706 : ID 752394	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521453
58	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 712 : ID 752626	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521453
59	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 218 : ID 753682	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521457
60	Conexões do conduite : M_Cotovelo de conduite - sem conexões - RNC : Padrão - Marca 748 : ID 753690	Estrutura Tipo.rvt : Quadro estrutural : M_Concrete-Rectangular Beam : Viga 13x60cm (49) : ID 521457
Fim do relatório de interferência		

Relatório de Interferências Instalações Elétricas x Arquitetura

	A	B
1	Dispositivos de iluminação : M_Interruptores de luz1 : Poste simples - Marca 13 : ID 635330	Tipo.rvt : Portas : Família Porta : Porta 70x210 - Marca 19 : ID 438765
2	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 107 : ID 737170	Tipo.rvt : Portas : Família Porta : Porta 70x210 - Marca 19 : ID 438765
3	Conduites : Conduite sem conexões : Conduite não-metálico rígido (RNC Sch 40) - Marca 379 : ID 777572	Tipo.rvt : Portas : Família Porta : Porta 80x210 - Marca 22 : ID 439079
Fim do relatório de interferência		