



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

YASSONARLEY CHRISTIANNY DE PAIVA GOMES

**UTILIZAÇÃO DO BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING*) PARA A
ELABORAÇÃO DE UM MODELO 5D**

MOSSORÓ

2018

YASSONARLEY CHRISTIANNY DE PAIVA GOMES

**UTILIZAÇÃO DO BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING*) PARA A
ELABORAÇÃO DE UM MODELO 5D**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Palloma Borges de Moraes.

MOSSORÓ

2018

©Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
Da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo (a) autor (a)

G633u GOMES, YASSONARLEY CHRISTIANNY DE PAIVA.
UTILIZAÇÃO DO BIM (BUILDING INFORMATION
MODELING) PARA A ELABORAÇÃO DE UM MODELO 5D /
YASSONARLEY CHRISTIANNY DE PAIVA GOMES. - 2018.
65 f.: il.

Orientador: Palloma Borges de Moraes.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2018.

1. Projetos. 2. Residência. 3.
Compatibilização de projetos. I. Moraes, Palloma
Borges de, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

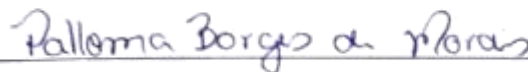
YASSONARLEY CHRISTIANNY DE PAIVA GOMES

**UTILIZAÇÃO DO BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING*) PARA A
ELABORAÇÃO DE UM MODELO 5D**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

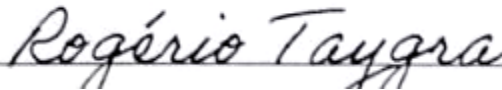
Defendida em: 05 / 03 / 2018.

BANCA EXAMINADORA



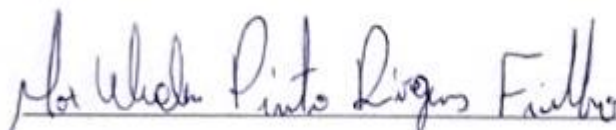
Prof^a. Palloma Borges de Moraes – UFERSA.

Presidente



Prof^a. Me. Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes – UFERSA.

Membro Examinador



Prof. Max Weden Pinto Diogenes Filho – UFERSA.

Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por renovar a minha fé, força, perseverança e me dá coragem para buscar os meus sonhos todos os dias.

Aos meus pais, Aldenira Augusta de Paiva e Francisco Andrade Gomes, e ao meu irmão, Ágato Ângelo de Paiva Gomes, por todo amor e por sempre me apoiarem, oferecendo todo suporte necessário para que fosse possível concluir mais uma etapa.

Aos meus amigos, sem os quais, a vida não teria graça, por todo apoio, pela imensurável companhia em todos os momentos e, principalmente, pela amizade.

A ALPE Engenharia – Empresa Júnior de Engenharia Civil, pelas experiências adquiridas e por ter me presenteado com amigos e futuros companheiros de profissão.

Aos profissionais da Plano Construtora, pela compreensão as ausências para a dedicação a este Trabalho Final de Graduação, pela oportunidade de estágio e inserção no mercado de trabalho e por todo conhecimento repassado diariamente.

A todos os professores que de alguma forma contribuíram para a minha formação, seja transmitindo conhecimento em sala de aula, dando suporte em monitorias ou em projetos de extensão. Principalmente aos que me inspiraram e incentivam a ser uma profissional cada vez mais dedicada. Dentre eles, citarei Daniela da Costa Leite Coelho, por criar um vínculo de amizade mesmo após encerrar as ligações acadêmicas.

E, por último, mas não menos importante, a minha orientadora, Palloma Borges de Moraes, por estar sempre disponível para sanar dúvidas e pelo conhecimento transmitido para o desenvolvimento deste trabalho.

“Todas as vitórias ocultam uma
abdicação.”

Simone de Beauvoir

RESUMO

O *Building Information Modeling* (BIM) permite analisar informações de uma edificação para diversos fins em todo o seu ciclo de vida com a finalidade de aumentar a produtividade e simular processos. As possibilidades e estudos que podem ser realizados através da tecnologia BIM são inúmeros, tanto na agilidade de criação de projetos como no que diz respeito à eficiência energética para o funcionamento da edificação. A logística de uma edificação vai desde quantos cômodos serão previstos até o posicionamento destes em relação ao norte verdadeiro. O conhecimento desses fatores pode tornar a residência cada vez mais atrativa. Através de artigos, revistas, sites, livros, teses, dissertações e monografias, foi realizada uma pesquisa a fim de caracterizar o BIM e suas funcionalidades além de obter informações necessárias para realizar o estudo de caso, onde empregou-se o *software* Autodesk Revit 2018, atualmente, a ferramenta mais popularizada para desenvolver atividades relativas a tecnologia BIM. Realizou-se a modelagem de todos os projetos utilizando o Revit e, em seguida, verificou-se as interferências existente entre os projetos. Foram verificadas um total de 70 interferências entre os projetos. O uso da ferramenta Revit se mostrou eficaz na atividade na qual foi aplicada – o desenvolvimento dos projetos, a verificação de interferências, a extração de quantitativos do projeto e a análise do conforto térmico, além de se mostrar bastante eficaz na aplicação para o desenvolvimento de atividades no cenário da engenharia civil.

Palavras-chave: Projetos. Residência. Compatibilização de projetos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Origens de problemas patológicos das construções.	22
Figura 2 – Planta baixa do pavimento térreo.	35
Figura 3 – Planta baixa do pavimento superior.	35
Figura 4 – Fachada frontal da residência em estudo.	36
Figura 5 – Fachada posterior da residência em estudo.	37
Figura 6 – Projeto estrutural da residência em estudo.	38
Figura 7 – Projeto elétrico da residência em estudo.	38
Figura 8 – Detalhes do projeto elétrico da residência em estudo.	39
Figura 9 – Projeto hidrossanitário da residência em estudo.	40
Figura 10 – Detalhes do projeto hidrossanitário da residência em estudo.	40
Figura 11 – Incompatibilidade entre o pilar e a janela da cozinha.	42
Figura 12 – Incompatibilidade entre uma viga e uma janela.	42
Figura 13 – Interferência entre um pilar e a porta da suíte no pavimento superior.	43
Figura 14 – Interferência entre uma porta e uma tomada.	44
Figura 15 – Interferência entre uma porta e um interruptor.	44
Figura 16 – Interferência entre um pilar e um conduíte.	46
Figura 17 – Interferência entre um pilar e uma tomada.	46
Figura 18 – Interferência entre um pilar e uma tubulação hidráulica.	47
Figura 19 – Interferência entre uma viga e uma tubulação do projeto hidráulico.	48
Figura 20 – Interferência entre uma viga baldrame e uma tubulação do projeto sanitário.	48
Figura 21 – Estudo solar.	52
Figura 22 – Configuração do estudo solar.	53
Figura 23 – Tabela de quantitativo das janelas.	60
Figura 24 – Tabela de quantitativo das portas.	60
Figura 25 – Tabela de quantitativo das paredes.	61
Figura 26 – Tabela de quantitativo dos materiais da parede.	61
Figura 27 – Tabela de quantitativo dos conduítes.	62
Figura 28 – Tabela de quantitativo da tubulação de esgoto e água fria.	62
Figura 29 – Tabela de quantitativo dos pilares.	62
Figura 30 – Tabela de quantitativo das vigas.	63
Figura 31 – Tabela de quantitativo das fundações.	63

Figura 32 – Quadro de verificação de interferências.....	64
Figura 33 – Relatório de interferências gerado pelo Revit.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Verificação de interferências.	49
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Verificação de interferências.....	50
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
IFC	Industry Foundation Classes
NBR	Norma Brasileira
PVC	Policloreto de Polivinila
RN	Rio Grande do Norte
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	PROJETO.....	18
3.1.1	Tipos de projeto	20
3.1.2	Influência dos projetos no custo total do empreendimento	21
3.1.3	Coordenação de projetos.....	22
3.1.4	Compatibilização de projetos	24
3.1.5	Verificação de inconformidade.....	25
3.2	BIM	26
3.2.1	Vantagens e desvantagens	28
3.2.2	Integração e gestão de projetos.....	29
3.2.3	Software Revit	31
4	METODOLOGIA.....	33
5	ESTUDO DE CASO	34
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	34
5.2	ELABORAÇÃO DOS PROJETOS	36
6	RESULTADO E DISCUSSÕES.....	41
6.1	VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO COM OS PROJETOS COMPLEMENTARES	41
6.2	VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS ENTRE OS PROJETOS COMPLEMENTARES	45
6.2.1	Incompatibilidades entre o projeto estrutural e o projeto elétrico	45
6.2.2	Incompatibilidades entre o projeto estrutural e o projeto hidrossanitário	47
6.3	EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS	50
6.4	ESTUDO SOLAR.....	51
6.5	DIFICULDADES ENCONTRADAS NA ELABORAÇÃO DOS PROJETOS	53
6.6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	54
7	CONCLUSÃO.....	56

REFERÊNCIAS	57
ANEXOS	60

1 INTRODUÇÃO

Uma intensa demanda imobiliária impulsionou o surgimento de escritórios especializados em arquitetura, estruturas e instalações. Dessa forma, profissionais que anteriormente desenvolviam todas as disciplinas, começaram a coordenar seus trabalhos em equipes, dando origem a necessidade de um profissional coordenador de projetos – sendo este um cargo que daria suporte ao desenvolvimento dos projetos de diversas disciplinas e garantiria a compatibilidade, a qualidade e a construtibilidade destes.

O *Building Information Modeling* (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção é uma tecnologia que veio para colaborar com o *Computer-Aided Design* (CAD), sendo considerada uma mudança de paradigma pois dispõe de conteúdo mais precisos, concentrando os esforços e dando mais ênfase a fase de concepção de projetos.

A tecnologia BIM tem como premissa aumentar a quantidade e a qualidade das informações e alinhar esses fluxos de informações entre as diversas fases da construção, contendo informações de todas as etapas previstas. Além disso, permite extrair quantitativos automáticos dos materiais, integrando as informações de custos e prazos, simulando alternativas e melhorias na logística dos sistemas, entre inúmeras possibilidades.

As dificuldades de implementação ou os impactos negativos são relativamente poucos quando comparados as vantagens e, geralmente, estão relacionados aos desafios ou resistência da gestão a mudança para a adoção do BIM.

O desenvolvimento de projetos utilizando a metodologia CAD pode gerar consequências negativas como um maior índice de retrabalho, um prolongamento do prazo, quebra do cronograma de execução e falhas na qualidade da edificação, gerando implicações e elevando o custo da obra. Problemas estes que podem ser facilmente solucionados com a adoção do BIM.

Com a implementação do BIM é possível suprir as necessidades deixadas pelo sistema 2D de produção, diminuindo a probabilidade de erros tanto no projeto, quanto na obra. Isso se dá através de uma parametrização de componentes que irão compor o objeto arquitetônico, dependendo do nível de informações a serem fornecidos pelo projetista.

Com a utilização da tecnologia BIM, pode-se, durante a concepção de projetos, realizar a verificação de interferências, evitando retrabalho, possíveis paralisações da obra e despesas, além disso, esses conflitos podem estar em um mesmo projeto ou entre projetos (interdisciplinar).

O *software* Revit é um dos programas que emprega a tecnologia BIM (Building Information Modeling) na plataforma Autodesk. Atualmente o Revit é o mais popularizado e usado por vários profissionais como engenheiros eletricitas e hidráulicos para projetos de instalações das edificações.

A tecnologia BIM permite associar ao projeto inúmeros parâmetros que se utilizados adequadamente podem gerar muitas informações pertinentes ao próprio projeto, como detalhamentos, cronograma e dados relativos às etapas da execução, ciclo de vida da edificação e dos materiais, consumo energético e custos. Agregando valor a edificação, obtendo o melhor desempenho possível para a função na qual ela irá ser destinada e gerando conforto aos usuários.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar o potencial da ferramenta BIM como solução para problemas de compatibilização de projetos na construção civil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o BIM e suas funcionalidades;
- Desenvolver projetos arquitetônico, estrutural e complementares em um programa da plataforma BIM;
- Verificação de interferências entre projetos por meio de uma plataforma BIM;
- Avaliar como o BIM pode contribuir para auxiliar no desempenho das atividades da engenharia civil.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PROJETO

De acordo com a norma brasileira NBR 13.531 – Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas (ABNT, 1995), define-se elaboração de projeto por: “Determinação e representação prévias do objeto (urbanização, edificação, elemento da edificação, instalação predial, componente construtivo, material para construção) mediante o concurso dos princípios e das técnicas próprias da arquitetura e da engenharia”.

De acordo com Caiado (2004) apud Adesse e Salgado (2006) projeto é um conjunto de dados que tem como função obter a melhor solução para um empreendimento, devendo abordar os aspectos legais, as características físicas, as pretensões do contratante, os materiais a serem utilizados, as técnicas construtivas, as tecnologias que serão empregadas no decorrer da obra, a funcionalidade do espaço, o conforto ambiental, a necessidade do usuário final da edificação e o custo.

Sendo este utilizado como um instrumento necessário na viabilização de objetivos de organizações que visam à sobrevivência e o crescimento estratégico de empreendimentos na construção civil, por meio de seu potencial de definir as características físicas do produto final (edificação), desempenhando um papel de grande importância como racionalizar processos de construção e como instrumento de aumento da satisfação dos usuários finais e clientes (OLIVEIRA; MELHADO, 2006).

A fase de concepção de projeto, na construção civil ou em outros setores, é de fundamental importância para a qualidade e a sustentabilidade do produto e para a eficiência da construção. É nesta fase que se tomam as decisões que trazem maior repercussão nos custos e na qualidade do empreendimento (FABRICIO, 2002).

Segundo Fabricio (2002), apesar da importância para os custos, para a qualidade e para o desenvolvimento da construção de um empreendimento, a concepção das edificações brasileiras, na maioria das vezes, é desenvolvida por profissionais que não fazem parte da equipe que irá realizar a construção, ou seja, geralmente são profissionais ou empresas que prestam serviços à empresa construtora. Dessa forma, muitas vezes a concepção é realizada sem levar em conta a integração entre os diversos projetos e o sistema de construção da empresa.

Além disso, o projeto é visto por muitas empresas como um custo, quando na verdade deveria ser entendido como um investimento cujo retorno será na fase de construção onde sua implementação terá maior eficiência e melhor qualidade de acordo com o nível de detalhamento do mesmo (MELHADO, 1994).

Na década de 90 observou-se que, para atender às exigências do mercado da construção, os projetos deveriam sofrer sérias modificações, passando a ser considerados também como um processo. A partir desta verificação, buscando o atendimento das necessidades e exigências dos clientes e principalmente gerando lucros para todos os envolvidos, os projetos passaram a ser considerados também como um caminho para a minimização de problemas e adequação de necessidades (ADESSE; SALGADO, 2006).

De acordo com Hippert e Araújo (2010), o processo de elaboração de projetos na área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) se mostra vulnerável a erros e necessita de evoluções frente as necessidades do mercado e ao aumento da complexidade dos projetos.

Constata-se que para cada projeto, o aumento das exigências em relação à qualidade, o número de detalhes construtivos, padronização e responsabilidade de seus projetistas vem crescendo, focando a qualidade e o sucesso das obras. Cabe ressaltar que, por conta da sua importância na execução da obra, observam-se empreendimentos multidisciplinares e complexos com muitas informações, decisões, escolhas, tecnologias, prazos, custos, pessoas e procedimentos, evidenciando a necessidade de coordenação e integração entre todos os projetos e de todas as etapas (ADESSE; SALGADO, 2006).

De acordo com Tisaka (2006), todos os serviços de engenharia podem ser agrupados em duas áreas: Engenharia Consultiva e de Projetos, também denominada de PROJETOS e Engenharia de Construções e Montagens, também conhecida como EXECUÇÃO. Dessa forma, a Engenharia de Projetos abrange os seguintes serviços:

- a) Elaboração de planos diretores, estudos de viabilidade, estudos organizacionais e outros relacionados com obras e serviços de engenharia;
- b) Elaboração de anteprojetos, projetos básicos e projetos executivos de obras, equipamentos, instrumentos e processos de produção em geral;
- c) Fiscalização, supervisão, acompanhamento técnico e gerenciamento de obras e serviços, ou de montagens industriais e controle tecnológico de materiais e produtos;
- d) Vistorias, elaboração de laudos técnicos, consultorias especializadas, avaliações e pareceres referentes a obras de engenharia;
- e) Desenvolvimento de técnicas relacionadas com a informática e outras, para aplicação em serviços de engenharia.

3.1.1 Tipos de projeto

O conjunto de projetos é composto pelos projetos de arquitetura, estrutura, instalações hidráulicas, elétricas, telefonia, incêndio, ar condicionado, lógica, impermeabilização, alvenarias, fachadas, caixilharia, paisagismo, comunicação visual, decoração de interiores, entre outros, sendo estes de acordo com a necessidade do empreendimento e as requisições do construtor. Neste processo de concepção de projetos estão envolvidos diversos profissionais, entre eles: arquitetos, engenheiros, fornecedores, agentes financeiros e investidores (ADESSE; SALGADO, 2006).

Analisando a construção de um projeto de engenharia civil, o arquitetônico é o primeiro projeto do empreendimento já que é nele onde estão contidas todas as idealizações do produto e deverão conter as principais especificações. Dessa forma, consideram-se os demais projetos como complementares, sendo o projeto de estruturas o mais importante dentre os complementares, pois é o maior subsistema de uma edificação além de ser o de maior custo e influenciar nas demais atividades do empreendimento (ARAÚJO, 2015).

De acordo com Adesse e Salgado (2006), projeto arquitetônico pode ser definido como um conjunto de dados, concebido e elaborado, com o intuito de atender a diversas necessidades e auxiliar na execução de uma obra.

Caiado (2004) apud Adesse e Salgado (2006) ainda aponta que o projeto arquitetônico é definidor de custos, funcionalidade, do próprio processo executivo e responsável pela satisfação do cliente. O projeto deve conter a forma de construir, os materiais utilizados, os parâmetros necessários para a execução e o destino final do empreendimento.

O projeto arquitetônico é um elemento fundamental e inicial de todos os processos, a partir deste entendimento e conscientização de sua participação intensa no processo da construção pelos empreendedores de edifícios e também por todos os participantes envolvidos no processo de projeto, muitas decisões e definições serão revistas, valorizando o projeto arquitetônico (ADESSE; SALGADO, 2006).

O projeto estrutural de um edifício consiste em se definir quais os elementos darão suporte aos carregamentos oriundos das ações horizontais (vento, entre outros) e verticais (peso próprio da edificação e proveniente de seu uso). Estes elementos são denominados de fundações, pilares, vigas e lajes (ACCETTI, 1998).

De acordo com Araújo (2015), durante o desenvolvimento dos projetos, elaboram-se os anteprojetos de todos os subsistemas, dando prioridade aos projetos arquitetônico e estrutural, pois são os que irão determinar as características dos demais projetos complementares. Depois

de avaliar os projetos separadamente e em conjunto – realizar a compatibilização entre eles –, então poderão ser realizados os detalhamentos e em seguida, a construção.

3.1.2 Influência dos projetos no custo total do empreendimento

A motivação maior para a implementação de um sistema de qualidade deve estar predominantemente associada à redução de custos finais dos produtos, pois hoje existe a consciência que se deve buscar maior competitividade e que as perdas na produção são significativas (MELHADO, 1994).

Existe uma parcela de perda que é oriunda de problemas relacionados ao projeto, tais como: falta de consulta ou cumprimento as especificações de projeto, assim como insuficiente ou ausência de detalhamento, bem como modificações no decorrer do processo construtivo (MELHADO, 1994).

De acordo com Cardoso (2009), orçamento é uma estimativa que tem o intuito de prever o investimento a ser realizado em uma obra, é um valor característico e específico de cada construção. Além do próprio projeto, os materiais utilizados, a região da execução, a mão de obra disponível no local, tempo e dificuldade de cada tarefa influenciam no orçamento.

Além disso, o orçamento da suporte para a compra de materiais e medições de serviços na obra, bem como para obter índices de produtividade, prever equipes e gerar o cronograma físico e financeiro (MATTOS, 2006).

Segundo Anderle (2017), pode-se perceber que o orçamento abrange informações pertinentes a todos os tipos de projetos e tem fundamental importância em todas as etapas de uma construção.

Dessa forma, exalta-se a importância de se ter um projeto o mais fiel possível do que será efetivamente construído, pois se uma modificação em projeto não for prevista no orçamento pode gerar discrepâncias no custo final da obra.

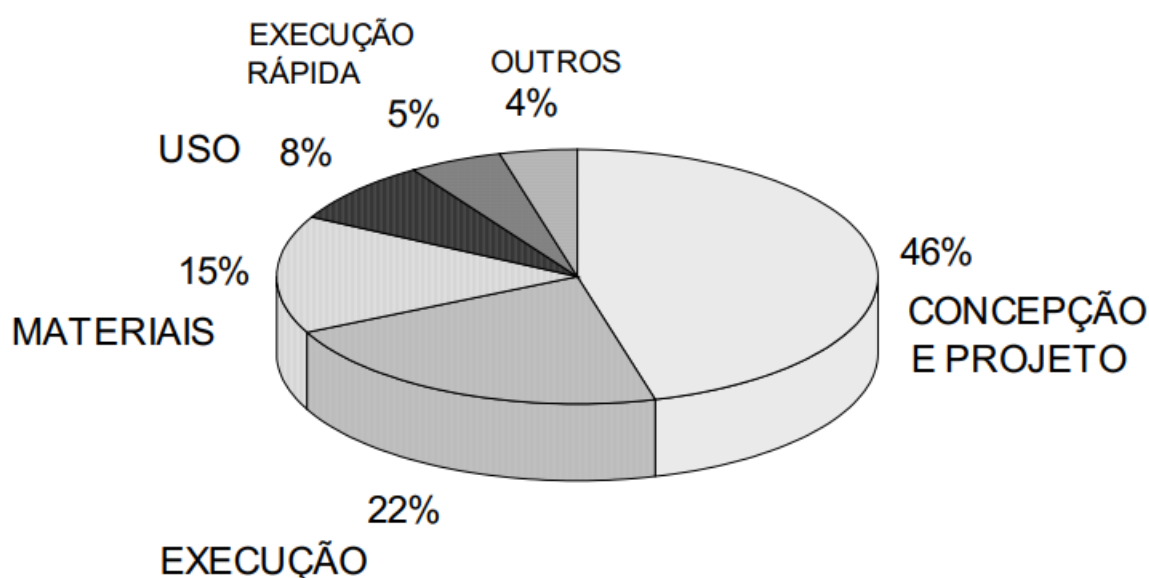
Deve-se determinar as principais origens de desperdícios para dar subsídio a um programa de qualidade onde se carece equilibrar investimento em qualidade e o resultado econômico em redução de custos, sendo o projeto um dos itens de maior potencial (MELHADO, 1994).

Para Motteu e Cnudde (1989) apud Melhado (1994) a ligação entre erros de projeto e problemas patológicos chega a ser em 46% dos casos, como se pode ver na Figura 1, de

acordo com os autores, a concepção e projeto é a maior fonte de defeitos das construções, em segundo lugar, com 22%, tem-se a execução.

Dessa forma, quanto mais informações e detalhamentos houver nos projetos, menor poderá ser o surgimento de patologias devido aos erros advindos da concepção (46%). Além disso, as patologias oriundas dos erros de execução (22%) também podem ser reduzidas a partir de um projeto bem elaborado, reduzindo os custos da fase de execução e de manutenção da edificação.

Figura 1 – Origens de problemas patológicos das construções.



Fonte: Motteu e Cnudde (1989) apud Melhado (1994).

3.1.3 Coordenação de projetos

Para Fabricio, Melhado e Grilo (2002), a coordenação de projetos nada mais é que uma atividade de suporte ao desenvolvimento dos projetos, cujo objetivo é garantir que as decisões tomadas pelos profissionais das diversas especialidades de projetos sejam compatíveis e levem em conta as condições globais do empreendimento, aumente a qualidade e a construtibilidade dos projetos de edifícios.

Atualmente, na Construção Civil, observa-se a importância dos projetos para a qualidade da execução, surgindo a iniciativa de diversas empresas em rever a coordenação de projetos, desde as formas de contratação e de orientação do trabalho dos projetistas e os

critérios de análise desses projetos até mudanças no caráter da informação, tornando-a mais acessível às equipes de obras (MELHADO, 2001).

De acordo com Mattos (2014), quem se dispõe a construir uma edificação com base no projeto arquitetônico e complementares em 2D está sempre convicto de que possui todos os elementos construtivos imprescindíveis às atividades de campo e que executará a obra sem atribulações. Entretanto, o que a experiência mostra é que quase nunca o projeto almejado é o que efetivamente se constrói, pois há interferências, ineficiências, alterações de projeto, mudanças de especificações e, o que não é raro acontecer, a obra é iniciada sem que o projeto esteja efetivamente concluído ou em um grau mínimo de maturação e compatibilização com os serviços de construção.

A coordenação de projetos, para Fabricio, Melhado e Grilo (2002), deve garantir que as soluções técnicas desenvolvidas pelos projetistas de diferentes especialidades estejam congruentes entre si, com os objetivos do cliente e com a cultura construtiva da empresa de construção. Pode-se aferir que os principais objetivos a serem desempenhados pela coordenação de projetos estão relacionados à organização e ao planejamento do processo de projeto e a coordenação de decisões projetuais.

Segundo Melhado (2001), sem uma coordenação eficiente para a elaboração dos projetos, estes acabam ficando mal resolvidos e mal especificados, gerando acréscimos significativos de custos na fase de execução de obras e até mesmo insatisfação nos usuários da edificação.

Dessa forma, os projetos assumem uma enorme responsabilidade sobre a qualidade do produto final, pois é o elemento que vai orientar a maioria das ações futuras, isto é, o projeto é o responsável pelo bom andamento de todas as atividades posteriores. E este, por sua vez, é totalmente dependente das suas inter-relações com outras disciplinas (MELHADO, 2001).

Durante o processo de concepção dos projetos, de acordo com Melhado (2001), identificam-se que ocorrem muitas alterações nas designações adotadas e existe uma preocupação por meio das construtoras em contratar todos os projetistas – ou, ao menos, consulta-los – nesta etapa inicial, para evitar problemas futuros de incompatibilidade de projetos e falta de detalhamento.

Observa-se que cada empresa possui o seu método de gerenciamento de projetos, entretanto ainda sente a necessidade de encontrar uma unificação setorial das exigências, pois fica cada vez mais difícil que os profissionais tenham em mente as necessidades e exigências de cada uma das empresas e dos clientes (MELHADO, 2001).

Após o desenvolvimento dos projetos, segundo Melhado (2001), cabe ao coordenador de projetos estabelecer contato direto e marcar reuniões com todos os profissionais envolvidos, é importante que o engenheiro da obra esteja acompanhando esta etapa. E, por conseguinte, vem a etapa denominada de análise compatibilização, onde o coordenador deve estabelecer metas para cada um dos profissionais envolvidos.

3.1.4 Compatibilização de projetos

Para Cambiaghi et al. (2002), muitos profissionais ainda, usam o computador e os programas CAD/BIM, só como instrumento de desenho e não como uma ferramenta fantástica para integração e compatibilização das diversas especialidades de projeto, de modo que a rápida evolução da informática na área de projetos não permitiu que nos adequássemos corretamente às suas potencialidades. Além disso, que cada escritório, cada empresa, tem desenvolvido critérios próprios de apresentação de projeto, falta, porém, uma real integração entre todos, que permitirá agilizar o processo de troca de informação e aumentar a confiabilidade desta troca.

Em contrapartida ao surgimento de novas tecnologias para projetar, a maioria dos escritórios e profissionais ainda utilizam os *softwares* CAD para desenvolver suas atividades. Com o uso desta ferramenta a compatibilização é realizada de maneira mais simplificada e deste modo com maiores riscos a falhas. Os projetos 2D são sobrepostos e analisados para uma possível verificação de interferências (ARAÚJO, 2015).

De acordo com Araújo (2015), a compatibilização por meio do método tradicional apresenta problemas, pois as visualizações 2D são deficientes de informações e geralmente há pouca interação entre os projetistas, sendo ignorado definições importantes no início do trabalho.

De acordo com Matos (2016), as causas desses problemas são várias e uma das áreas que podem ser desenvolvidas para a melhoria da qualidade das obras é a incorporação de novas tecnologias. Essas tecnologias podem estar vinculadas ao processo construtivo em si ou na concepção do projeto.

A tecnologia BIM oferece uma nova forma de projetar, gerenciar e compatibilizar projetos. Sendo o seu uso já consolidado em diversos países, alguns trazendo até a obrigatoriedade do seu uso nas obras (MATOS, 2016).

Segundo Mattos (2014), com a tecnologia BIM os projetistas trabalham sobre uma mesma base, sendo possível prever e corrigir as inevitáveis incompatibilidades entre, por exemplo, o projeto estrutural e o de ar condicionado. Os principais mercados de construção mundial relatam que a adoção do BIM se reflete em melhorias de produtividade, eficácia e qualidade dos projetos, com consequente ganho em concorrência.

Segundo Callegari (2007), ressalta-se ainda que a compatibilização deva acontecer quando os projetos já estão concebidos, funcionando como um ajuste final detectando possíveis erros, simplificando a execução, otimizando a utilização de materiais, tempo, mão de obra e posteriores manutenções.

O uso da tecnologia no Brasil ainda é incipiente, apesar do seu crescente avanço. Dessa forma, estudar a tecnologia BIM e as contribuições que esta pode trazer para obras de engenharia tornou-se fundamental nos dias de hoje.

3.1.5 Verificação de inconformidade

O desenvolvimento de projetos sem a utilização da compatibilização entre eles gera consequências negativas como um maior índice de retrabalho, um prolongamento do prazo, quebra do cronograma de execução e falhas na qualidade da edificação, gerando implicações e elevando o custo da obra (CAMBIAGHI et al, 2002).

Durante a concepção de um projeto é necessário identificar interferências e conflitos, que podem estar em um mesmo projeto ou entre projetos (interdisciplinar). A verificação de interferências pode ser feita a partir de softwares e ser rastreada ainda na fase de projeto, evitando retrabalho, possíveis paralisações da obra e despesas (ASBEA, 2013).

Segundo Cambiaghi (2002) durante a análise de inconformidades entre os projetos, cresce o empenho dos profissionais envolvidos no processo, aumentando a troca de informações tecnológicas e experiências compartilhadas.

Segundo Campestrini et. al. (2015), a tecnologia BIM torna possível analisar e facilita o acesso a essas informações em um único modelo compartilhado entre as diferentes disciplinas. Isso facilita a integração interdisciplinar e simplifica a comunicação entre os diferentes participantes (profissionais) de um projeto – prevendo que os elementos sejam compatíveis entre si –, além de poder ser utilizado em todas as fases de uma edificação (fase de projeto, obras, uso e demolição).

O papel da informação nas atividades da construção civil é de suma importância para o correto andamento dos processos. Segundo Campestrini et. al. (2015), “ela é o fluido que azeita as engrenagens de uma construtora”.

De acordo com Mattos (2014), uma das grandes vantagens do BIM 3D é o que se chama de *clash detection* ou detecção de conflitos, ou seja, a identificação de inconsistências entre os diversos projetos, como exemplo, uma porta fora de lugar ou um tubo que intersecciona um pilar.

A análise das incompatibilidades entre os projetos permite a melhoria da qualidade de concepção de projetos, através da sua adaptação e eficácia, onde importantes ações corretivas são tomadas para o aperfeiçoamento e a melhoria contínua dos sistemas projetual e construtiva. Durante a elaboração dos projetos, a compatibilização permite a retroalimentação das etapas, ajustando e sugerindo novas soluções com o aumento da eficiência. Desta maneira, a elaboração de futuros projetos terá uma redução de incertezas construtivas (CAMBIAGHI, 2002).

De acordo com Cambiaghi (2002), a concepção de projetos quando acontece em fase de compatibilização, desponta-se dinâmica, conferindo a mesma um sentido de processo contínuo, onde as incompatibilidades são identificadas, analisadas e resolvidas. A ausência da compatibilização na fase de elaboração dos projetos faz com que as falhas na execução da edificação sejam responsabilizadas indevidamente a equipe da execução.

3.2 BIM

O Building Information Modeling (BIM) é um modelo digital que permite agregar informações de uma edificação para diversas finalidades em todo o seu ciclo de vida com o intuito de aumentar a produtividade, racionalizar e simular processos, planejar a execução, gerar o orçamento de obras e outros (BAIA, 2015).

Construtores arriscam cada vez mais no Building Information Modeling (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção, uma poderosa metodologia de modelagem da edificação tridimensional que vai além da simples maquete eletrônica, a ideia por trás do BIM é ser uma plataforma em que se carreguem todas as informações para a gestão do projeto, da obra e de toda a vida útil do prédio ou instalação (MATTOS, 2014).

Segundo Baia (2015), houve um impulso de implementação do BIM na construção civil brasileira no ano de 2015, decorrente da forte demanda do mercado em relação a

cumprimento de prazos, orçamentos detalhados e rigorosos acompanhamentos físico-financeiro da obra.

Com o BIM é possível aumentar a produtividade, um dos maiores problemas do setor de projetos. Entretanto, a disseminação da ferramenta ainda é um desafio no país, pois há uma grande resistência em migrar a concepção de projetos em ferramentas 2D para a concepção em modelos da informação da construção – onde é possível extrair uma maior quantidade de informações fundamentais para a construção (BOMFIM; LISBOA; MATOS, 2016).

Uma das principais características da plataforma BIM é a interoperabilidade sendo definida pela “necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas contribuam para o trabalho em questão”. Ou seja, extingue-se a necessidade de repetição dos dados de entrada e facilita o fluxo de trabalho em diversos *softwares* (BAIA, 2015).

De acordo com Baia (2015), existem algumas extensões de aplicativos e programas que permitem esse intercâmbio. Um desses formatos é o *Industry Foundation Classes* (IFC), sendo este o mais importante, tendo sido adotado por vários governos e organizações em todo o mundo. O IFC foi criado para abordar todas as informações da construção, sobre o seu ciclo de vida, viabilidade de projeto, simulação e análise da construção, ocupação e operação.

Apesar de toda essa capacidade, o formato IFC ainda possui limitações quanto à geometria e propriedades de objetos representados, porém ainda é o mais adotado como padrão para troca de dados. O formato está em constante evolução e novas atualizações são disponibilizadas a cada dois anos nos próprios *softwares* BIM. Por isso, espera-se que essas limitações desapareçam à medida que as novas versões sejam implementadas (BAIA, 2015).

Existem no mercado alguns softwares disponíveis e que vêm crescendo e ajudando a popularizar os conceitos do BIM, um dos softwares mais difundidos é o Autodesk Revit (HIPPERT; ARAÚJO, 2010).

A Modelagem da Informação da Construção veio para revolucionar a forma de projetar, integrando todas as etapas para que o produto final fosse melhor sob todos os aspectos de um empreendimento imobiliário. O projeto simultâneo, ao contrário do projeto tradicional, trabalha com simulações 3D bem próximas do real permitindo que o trabalho seja mais rápido e eficaz (ARAÚJO, 2015).

Além disso, com o BIM é possível modelar não apenas a geometria, mas também informações que permitem a geração automática de relatórios e permite que equipe de construção tome decisões com informações bem mais precisas (BAIA, 2015).

3.2.1 Vantagens e desvantagens

Sabe-se que os benefícios oriundos da tecnologia são significativos. De acordo com Matos (2016), esses ganhos podem ser demonstrados em todas as fases de uma edificação da forma a seguir:

- Fase de concepção: os estudos preliminares são mais qualificados e há a possibilidade de simulações de diferentes alternativas de concepção.
- Fases de projeto: tem-se uma visualização antecipada e precisa do projeto, as correções são automáticas quando ocorrem modificações, geração de desenhos precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto, colaboração entre múltiplas disciplinas do projeto, detecção de interferências entre os diversos sistemas da construção e extração rápida dos quantitativos dos elementos do projeto para orçamentação.
- Fase de construção: é realizada a sincronização dos elementos do empreendimento ao cronograma da obra, detecção de erros omissos antes da execução, melhor gerenciamento no processo de modificações do projeto, melhor implementação da metodologia de construção enxuta, sincronização das aquisições de materiais com o planejamento e construção.
- Fase de operação: melhor gerenciamento e operação das edificações.

O *Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção fornece conteúdos mais precisos e tem como premissa aumentar a quantidade e a qualidade das informações, além de alinhar esses fluxos de informações entre as diversas fases da construção, contendo informações de todas as etapas previstas (CAMPESTRINI et. al., 2015).

A plataforma BIM permite extrair quantitativos automáticos dos materiais, integrando as informações de custos e prazos, simulando alternativas e melhorias na logística dos sistemas, entre inúmeras possibilidades (ARAÚJO, 2015).

De acordo com Santos et. al. (2009), o BIM oferece uma tecnologia potencialmente transformadora pela sua capacidade de fornecer um recurso compartilhado digital para todos os integrantes na gestão do ciclo de vida de uma edificação, do desenho preliminar até a gestão das instalações. Além disso, fornece a quantificação exata e automatizada e ajuda na redução significativa da variabilidade das estimativas de custo.

No orçamento tradicional, faz-se necessário realizar um novo levantamento de quantitativos toda vez que houver uma modificação em algum dos projetos. Com a tecnologia oferecida pelo BIM, esta atividade torna-se mais precisa e mais rápida de ser executada.

De acordo com Bryde, Broquetas e Volm (2013) apud Matos (2016) nos anos de 2008 a 2010 foram realizados 35 estudos de casos em diversos países onde analisaram os efeitos positivos e negativos do uso do BIM. Os resultados dos estudos de caso sugerem que o BIM é eficaz para melhorar aspectos-chave da entrega de projetos de construção. O custo foi o aspecto mais positivo, influenciado pela implementação do BIM, seguido do tempo, comunicação, melhoria da coordenação e qualidade.

Para Bryde, Broquetas e Volm (2013), as dificuldades de implementação ou os impactos negativos foram relativamente poucos e a maioria está ligada a questões de hardware ou software ou, ainda, a desafios relacionados à gestão de mudança para a adoção do BIM.

De acordo Callegari (2007), o desenvolvimento de projetos sem a utilização da compatibilização gera consequências negativas como um maior índice de retrabalho, prolongamento do prazo, atraso do cronograma, falha na qualidade da edificação e elevação do custo da obra. A evolução ocorreu, a partir da necessidade de contribuir para a eficiência no desenvolvimento de projetos.

De acordo com Andrade e Ruschel (2009), uma questão limitadora do potencial do uso do BIM está na dificuldade em estabelecer uma correta interoperabilidade das informações. A proposta da plataforma BIM abrange sobretudo a comunicação e a colaboração entre diferentes profissionais. Entretanto, muitos profissionais ainda utilizam os *softwares* apenas como um processo aperfeiçoado de trabalho.

3.2.2 Integração e gestão de projetos

O desenvolvimento de projetos de engenharia civil esteve por muito tempo atrelado a representações em 2D, onde o profissional deve transcrever a edificação por meio de desenhos técnicos da obra a ser executada. No entanto, este sistema de produção é extremamente suscetível a erros: desde falha que geram incompatibilização de projetos até uma má interpretação da forma arquitetônica desejada. Por isso, os projetos necessitam cada vez mais de detalhamentos e representações que superem as limitações dos desenhos 2D.

De acordo com Bomfim, Lisboa e Matos (2016), com a utilização BIM é possível suprir as necessidades deixadas pelo sistema 2D de produção, diminuindo a probabilidade de erros tanto no projeto, quanto na obra. Isso se dá através de uma parametrização de componentes que irão compor o objeto arquitetônico a ser criado. Essa parametrização é capaz de transformar um sistema produtivo de 2D para 3D, 4D, 5D, 6D e 7D, que só depende do nível de informações que o projetista fornece ao modelo em produção.

É preciso definir os padrões de modelagem dependendo de cada uso do BIM, esses padrões se referem a como ele está programado e, conseqüentemente, aos tipos de informações que serão dele retiradas. Existem padrões mais simples desde BIM 3D, aos mais complexos como o BIM 7D. De acordo com Bomfim, Lisboa e Matos (2016) esses padrões são definidos como:

- Modelo 3D: É um modelo computacional contendo as informações espaciais dos projetos (pilares, vigas, lajes, paredes, portas, janelas, tubulações etc.), facilitando a identificação de inconsistências entre as diversas disciplinas e oferecendo um nível maior de detalhamento quando comparado aos *softwares* 2D.
- Modelo 4D: É direcionado a sustentabilidade e analisa o consumo da edificação, permite a medição e verificação da construção e a obtenção do melhor desempenho dos sistemas. Nesta etapa agregam-se sistemas alternativos e sustentáveis como a energia solar eólica e/ou solar.
- Modelo 5D: É um modelo programado para receber informações de custo dos serviços (custo de materiais, mão de obra e equipamentos, despesas indiretas e bônus). A partir desse, será possível obter diversas informações, entre elas o custo das atividades da obra e as curvas ABC. Permitindo gerar orçamentos e reduzindo o tempo de quantificação, além de fornecer uma precisão exata.
- Modelo 6D: É o modelo utilizado quando se deseja obter informações sobre o uso da edificação. Esse modelo recebe informações sobre a validade dos materiais, os ciclos de manutenção, o consumo de água e energia elétrica. O modelo BIM 6D contendo essas informações poderá ser usado para extrair informações de custos de operação e manutenção da edificação.
- Modelo 7D: É caracterizado pelo tempo e os elementos da edificação que são ligados a ele. Dessa forma, serão retiradas informações sobre o cronograma da obra, como início e término de cada atividade, configurações espaciais a cada etapa da execução e ritmo de produção.

De acordo com Lima et al. (2015), as possibilidades e estudos que podem ser realizados através da tecnologia BIM são inúmeros, tanto na agilidade de criação de projetos como no que diz respeito a eficiência energia para o funcionamento da edificação.

A logística de uma edificação vai desde quantos cômodos serão previstos até o posicionamento destes em relação ao norte verdadeiro. O conhecimento desses fatores pode tornar a residência cada vez mais atrativa, tendo em vista que um imóvel beneficiado com estratégias que aproveite melhor a ventilação e luz natural possam diminuir significativamente o gasto energético (LIMA et. al., 2015).

A qualidade da obra deve estar associada a novos sistemas a serem incorporados, pois “compreende o entendimento, a aceitação e a prática de novas atitudes e valores que devem ser incorporadas definitivamente no dia-a-dia da construção” (CALLEGARI, 2007).

Quanto maiores forem os esforços dedicados ao desenvolvimento dos projetos simultâneos, menos serão os esforços necessários no processo de compatibilização de projetos (ARAÚJO, 2015).

3.2.3 Software Revit

De acordo com Justi (2008), a primeira revolução ocorreu pela transição do desenho feito à mão para o AutoCAD. Durante muito tempo, os profissionais pensaram apenas em utilizar o AutoCAD para o desenvolvimento de suas atividades. Entretanto, após essa revolução, os profissionais sentiram a necessidade de mais velocidade, agilidade e menos burocracia do que a plataforma AutoCAD oferecia. O mercado também passou a cobrar mais, os prazos deveriam ser menores e as empresas precisam reduzir os custos de seus projetos utilizando uma menor quantidade de computadores e contratando uma equipe menor.

O *software* Revit é um dos programas que emprega a ferramenta BIM (Building Information Modeling) na plataforma Autodesk. Atualmente o Revit é o mais popularizado e nele pode-se encontrar vários módulos como o Revit Architecture que é voltado para projetos arquitetônicos, o Revit Structure que é utilizado em projetos estruturais e o Revit Systems (MEP) usado por vários profissionais como engenheiros eletricitas e hidráulicos para projetos de instalações das edificações. A versão mais atual disponibilizada pela Autodesk é o Revit 2018 (HIPPERT; ARAÚJO, 2010).

O Revit é um *software* de design de projetos de arquitetura e engenharia que utiliza a tecnologia BIM e suporta todas as fases do processo de desenvolvimento de projeto de uma

edificação. Além disso, é um software completo em termos de criação de projeto arquitetônico e pode fornecer uma vantagem competitiva imediata, com uma maior qualidade e melhor coordenação de projetos (Justi, 2008).

De acordo com Hippert e Araújo (2010), para desenvolver os demais módulos do Autodesk Revit, deve-se primeiramente utilizar o Revit Architecture onde se concentram o maior número de informações, o modelo base e essa coordenação geralmente é feita por um arquiteto.

O Revit identifica sozinho, segundo Justi (2008), a espessura das linhas nos cortes e em vista, altera alturas de textos, cotas e símbolos, automaticamente, conforme a mudança de escala, executa automaticamente cortes e fachadas conforme o comando do projetista, nomeia e numera automaticamente as pranchas e, ainda, permite a realização automática da maquete eletrônica com foto realismo e animação, além do levantamento dos quantitativos automático para o orçamento.

Os softwares geram as pranchas, os desenhos e os detalhamentos com mais facilidade, reduzindo drasticamente o tempo gasto para projetar. As representações são atualizadas automaticamente quando se faz uma alteração no projeto. Por exemplo, a maquete eletrônica é atualizada automaticamente quando se é feito uma modificação nos projetos em 2D assim como a planilha de custos também se atualizará (HIPPERT; ARAÚJO, 2010).

Segundo Justi (2008), alguns profissionais perceberam que, se um cliente souber que o escritório usa um software que faz mudanças tão rápidas, não irão querer pagar por tais alterações, desmerecendo o serviço e fazendo o escritório ter prejuízo, por isso alguns escritórios ainda se recusam em afirmar que usam o Revit. Em outros casos, os escritórios imaginam cobrar mais por terem um software que faz tudo que ele faz, isto é, o cliente está pagando pelo projeto e pela rapidez da tecnologia que foi investida pelo escritório.

4 METODOLOGIA

Inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica sobre a caracterização de Projetos no cenário da engenharia civil e do BIM. A pesquisa envolveu artigos, revistas, sites, livros, teses, dissertações e monografias sobre o tema, buscando as referências mais recentes sobre as ferramentas de compatibilização e as contribuições da mesma para a construção civil.

A seguir buscou-se compreender os principais problemas acerca da falta de compatibilização de projetos, o que estes problemas podem causar em uma obra de engenharia civil e quais os benefícios que a ferramenta BIM pode trazer para solucionar estes problemas.

Com o intuito de verificar os benefícios do BIM na construção civil foi realizado um estudo de caso para analisar um projeto residencial unifamiliar de alto padrão por meio da utilização do *software* Autodesk Revit 2018 para a modelagem dos projetos arquitetônico, hidráulico, sanitário, estrutural e elétrico e, em seguida, realizar a verificação de interferências existentes – como falhas de posicionamento de elementos construtivos –, o levantamento de quantitativos de um estudo solar da edificação.

Optou-se pelo *software* Autodesk Revit 2018 pois é possível desenvolver todos os projetos (arquitetônico e complementares) e realizar nele mesmo a verificação de interferências, o programa é disponibilizado gratuitamente para estudantes.

Dessa forma, desenvolveu-se em arquivo separadamente, cada um dos projetos: projeto arquitetônico, projeto estrutural, projeto elétrico e o projeto hidrossanitário.

Após o desenvolvimento do projeto arquitetônico e dos projetos complementares no *software* Revit a partir dos projetos disponibilizados em AutoCAD 2D, realizou-se a compatibilização dos mesmo utilizando-se os modelos tridimensionais. Que foram desenvolvidos separadamente e depois vinculados ao modelo do projeto arquitetônico.

Na etapa de compatibilização, como optou-se por utilizar a mesma ferramenta de desenvolvimento dos projetos para verificar as interferências, realizou-se a inserção dos arquivos como referência externa e verificou-se as interferências de dois em dois projetos. Primeiramente, verificou-se as interferências do projeto arquitetônico com os projetos complementares e, em seguida, entre os projetos complementares.

Por fim, foi realizada uma análise acerca do desenvolvimento e compatibilização dos projetos no *software* em estudo, realizou-se a extração de quantitativos e um estudo de insolação da edificação.

5 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso teve como alvo realizar o desenvolvimento de todos os projetos (arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário) e a compatibilização destes utilizando uma ferramenta BIM como procedimento, simulando o processo de construção de um modelo virtual de arquitetura, estrutura e instalações. Para isso utilizou-se um projeto disponibilizado na ferramenta Autodesk AutoCAD e realizou-se a elaboração destes no Autodesk Revit.

Todos os projetos utilizados neste trabalho foram cedidos e apenas reproduzidos no *software* em estudo (Autodesk Revit 2018), os nomes de seus autores (arquitetos e engenheiros responsáveis) foram preservados.

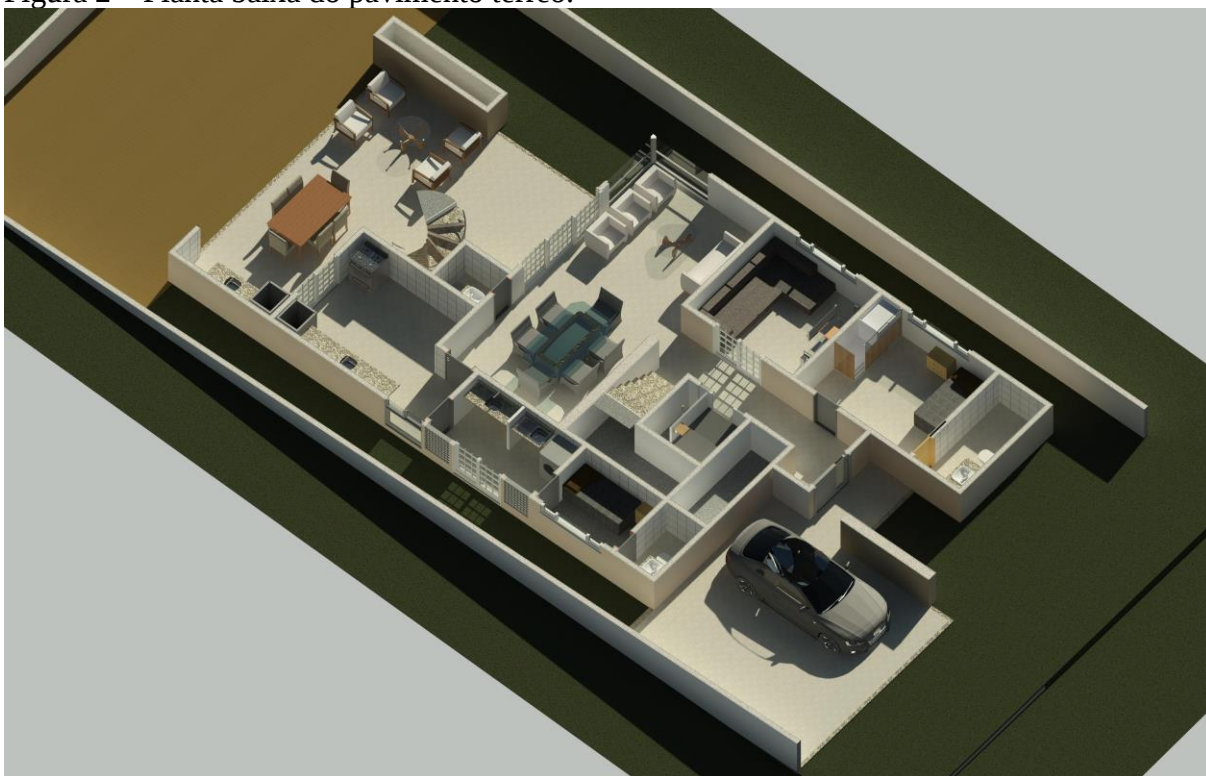
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

A edificação em estudo consiste em uma residência unifamiliar de alto padrão de dois pavimentos composta por quatro suítes, uma dependência de empregada, uma área de serviço, uma cozinha, sala de estar e jantar, um terraço gourmet e uma garagem localizada no loteamento Quinta dos Lagos no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Optou-se por este tipo de empreendimento pois a sua construção é frequente em todo o país.

A área total do terreno é de 447,48m², a residência ocupa uma área construída total de 379,59 m², sendo esta dividida em pavimento térreo com 221,08 m² e pavimento superior com 158,51 m².

Na Figura 2 é possível observar a planta baixa do pavimento térreo e na Figura 3, a planta baixa do pavimento superior.

Figura 2 – Planta baixa do pavimento térreo.



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 3 – Planta baixa do pavimento superior.



Fonte: Autoria própria (2018).

5.2 ELABORAÇÃO DOS PROJETOS

Os projetos foram desenvolvidos separadamente, em seguida foram vinculados um a um utilizando o *software* em estudo e por último foi realizada a verificação de interferências.

Para a realização do projeto arquitetônico utilizou-se o *software* Autodesk Revit. O *software* escolhido é compatível com o Autodesk AutoCAD e facilitou o desenvolvimento dos mesmos.

O projeto arquitetônico e os projetos complementares foram disponibilizados em AutoCAD (2D) e posteriormente cada projeto foi desenvolvido separadamente no software Autodesk Revit 2018 para que, posteriormente, pudesse ser realizada a compatibilização entre os projetos em 3D.

O projeto arquitetônico, como já descrito anteriormente, pode ser observado na Figura 4 e na Figura 5, as fachadas frontal e posterior, respectivamente.

Figura 4 – Fachada frontal da residência em estudo.



Fonte: Autoria própria (2018).

Em relação à concepção de projetos em *softwares* 2D, o desenvolvimento do projeto arquitetônico no Revit é rápido e eficiente. Pois há geração automática do 3D, cortes, fachadas, pranchas, realização da cotação de maneira mais prática, além da praticidade de se trabalhar com escalas e da geração das pranchas.

Para tanto, é necessário entrar com um número de informações iniciais superior aos que são fornecidos em uma concepção de projetos em 2D. Entretanto, isto não é visto como uma desvantagem, pois dessa forma o projeto apresentará uma quantidade maior de dados.

Figura 5 – Fachada posterior da residência em estudo.



Fonte: Autoria própria (2018).

O projeto estrutural é composto por uma estrutura de concreto armado com fundações do tipo sapatas e quadro estrutural composto por vigas, pilares e lajes, esta estrutura pode ser observada na Figura 6. Possuindo ainda, em seu quadro estrutural, uma escada de concreto armado e uma escada metálica.

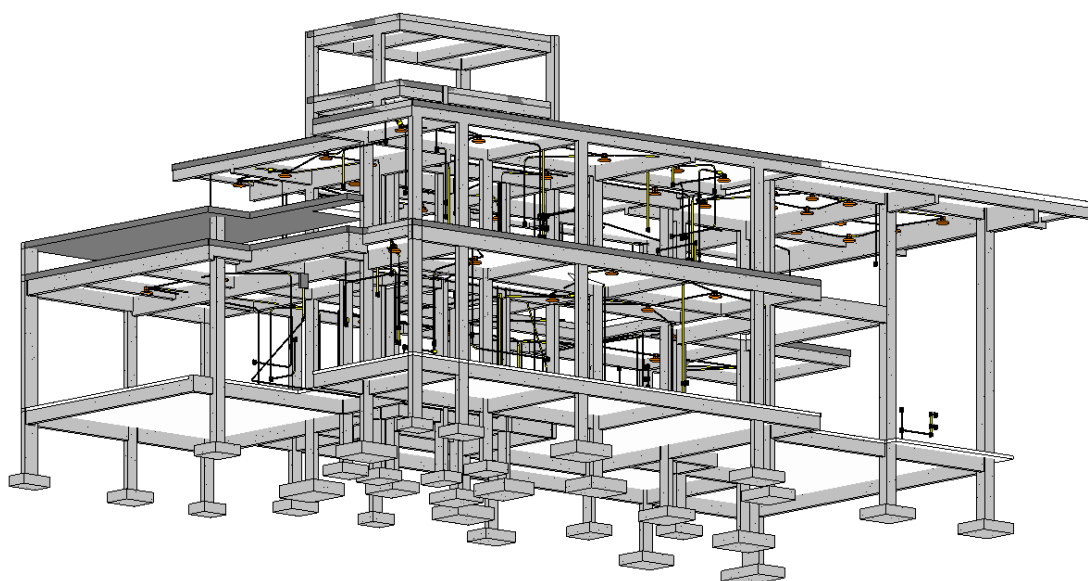
Figura 6 – Projeto estrutural da residência em estudo.



Fonte: Autoria própria (2018).

Na Figura 7 pode-se visualizar o projeto elétrico que foi desenvolvido tendo o projeto estrutural como base. O projeto de instalações elétricas da residência prevê que sejam utilizados eletrodutos em PVC flexível e que sejam previstos dois quadros de distribuição, sendo um localizado no pavimento térreo com potência instalada de 23.810W e o segundo situado no pavimento superior com potência de 29.460W. Ambos os quadros são alimentados pelo quadro geral localizado na mureta na fachada frontal de acordo com o modelo do condomínio com potência de 53.270W.

Figura 7 – Projeto elétrico da residência em estudo.

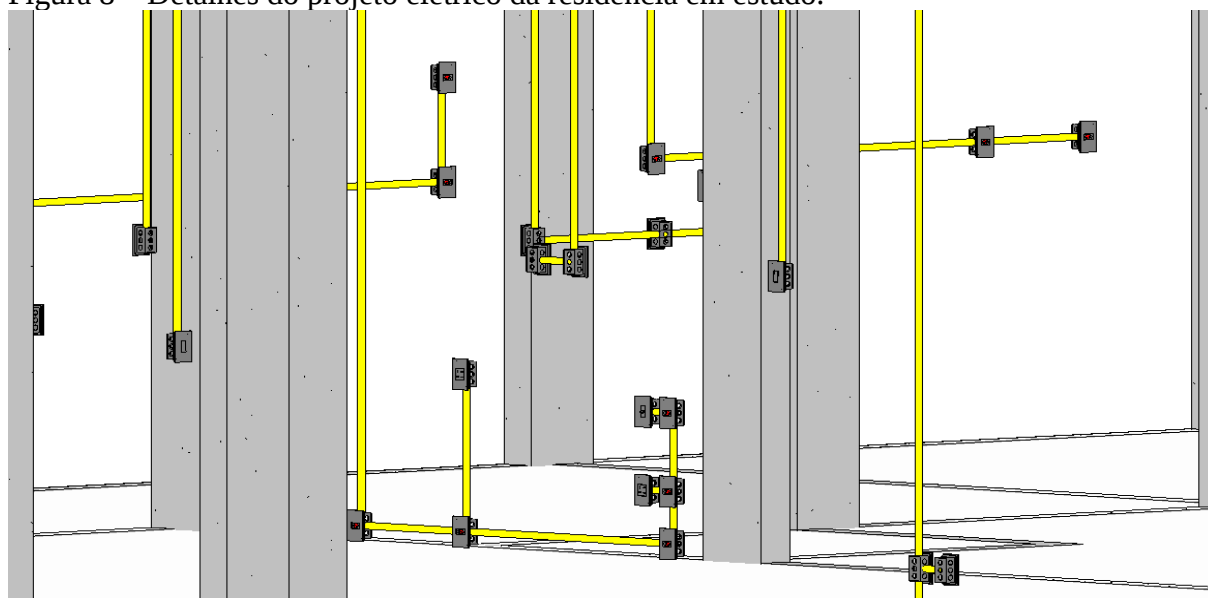


Fonte: Autoria própria (2018).

Durante desenvolvimento do projeto elétrico no Revit, optou-se por alocar apenas os conduítes, já que o projeto já havia sido dimensionado e que o intuito deste trabalho é apenas desenvolver os projetos e verificar a compatibilidade entre eles, não havendo necessidade de colocar também os condutores.

Já na Figura 8 é possível observar com mais detalhes os conduítes – estes foram destacados na cor amarela para dar maior visibilidade, as tomadas e os interruptores do projeto elétrico.

Figura 8 – Detalhes do projeto elétrico da residência em estudo.

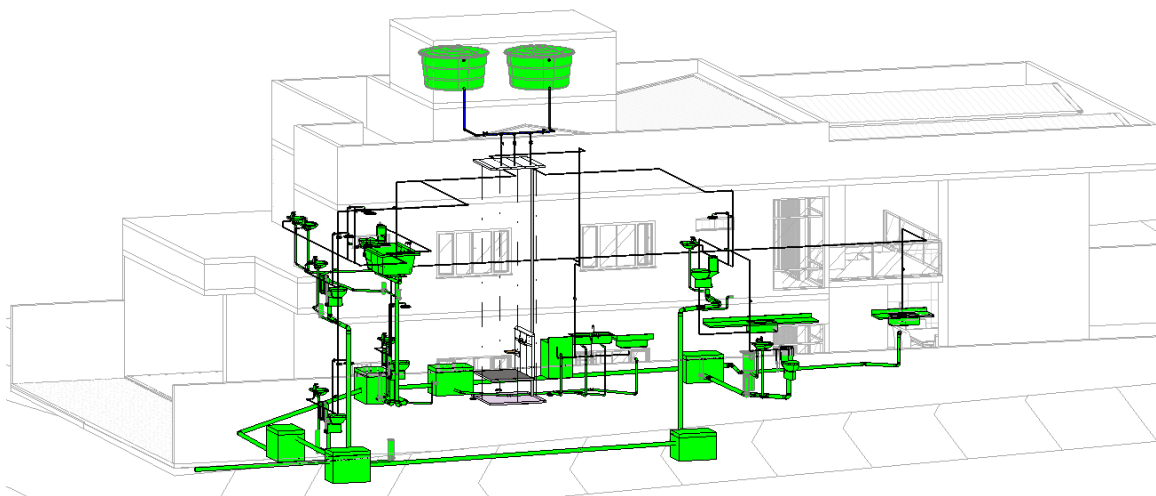


Fonte: Autoria própria (2018).

Por último, desenvolveu-se o projeto hidrossanitário da residência em estudo, como pode ser visto na Figura 9.

O projeto hidráulico é composto de tubulações de PVC rígido e soldável e prevê dois reservatórios superiores com capacidade de 1.500 L cada, totalizando uma capacidade de 3.000 L para abastecer a residência. Já o projeto sanitário é formado por um sistema com sub-ramais, ramais, colunas de ventilação, caixas de inspeção, caixa de espuma e caixa de gordura com destinação final dos efluentes para a rede coletora do condomínio.

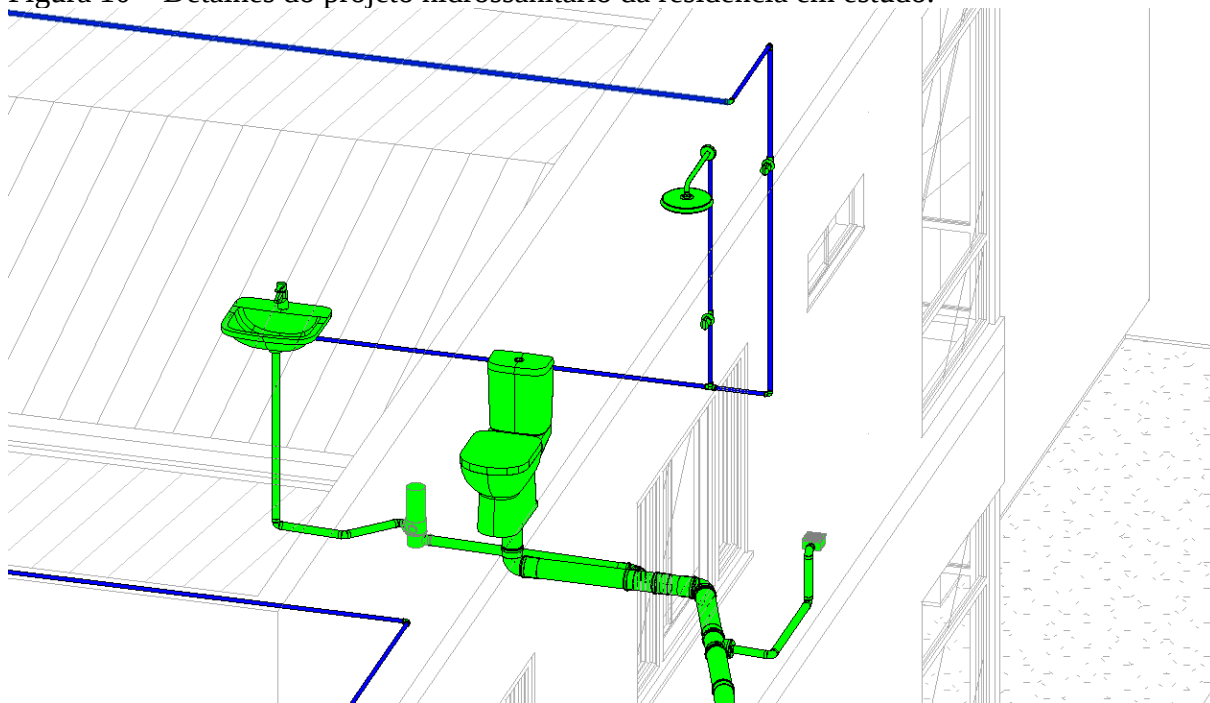
Figura 9 – Projeto hidrossanitário da residência em estudo.



Fonte: Autoria própria (2018).

Optou-se por destacar as tubulações do projeto hidráulico na cor azul e as tubulações do projeto sanitário na cor verde, para melhor visualização, como pode-se observar na Figura 10.

Figura 10 – Detalhes do projeto hidrossanitário da residência em estudo.



Fonte: Autoria própria (2018).

6 RESULTADO E DISCUSSÕES

Houveram dificuldades no desenvolvimento do projeto arquitetônico pois o mesmo apresentava incompatibilidades como, por exemplo, os elementos apresentados na planta baixa não condiziam com as fachadas apresentadas e, ainda, no projeto hidrossanitário, havia informações escassas ou ausentes, como o volume da caixa d'água. Essas informações e/ou elementos foram estimados.

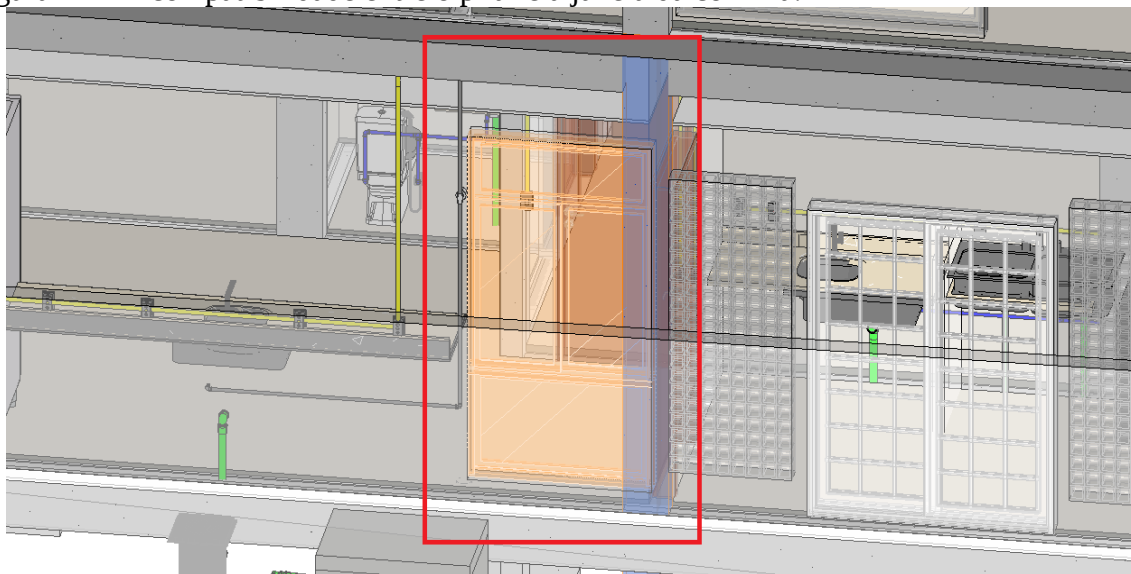
Para a realização da compatibilização de projetos, há um limitante no *software* onde só é possível verificar as interferências de dois em dois projetos de cada vez. Por isto, optou-se por, primeiramente, verificar as interferências entre o projeto arquitetônico e os projetos complementares e, em seguida, entre os próprios projetos complementares.

O Revit dispõe de um comando denominado “Verificação de interferências” onde é possível escolher entre quais disciplinas se deseja realizar a compatibilização de projetos e quais os parâmetros dentro destas disciplinas serão analisados. Dessa forma, pode observar no Anexo B, a opção onde se opta entre as disciplinas e os parâmetros e o relatório de interferências gerado pelo programa.

6.1 VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO COM OS PROJETOS COMPLEMENTARES

Primeiramente, foram analisadas as incompatibilidades existentes entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural, por serem os de maior influência para o desenvolvimento dos demais projetos e da execução. Na Figura 11 se pode observar que um pilar do projeto estrutural foi alocado interceptando a janela da cozinha, esta incompatibilidade pode gerar paralisação da obra uma vez que o projetista estrutural e/ou o arquiteto que projetaram a edificação deverão ser consultados para solucionar o problema encontrado.

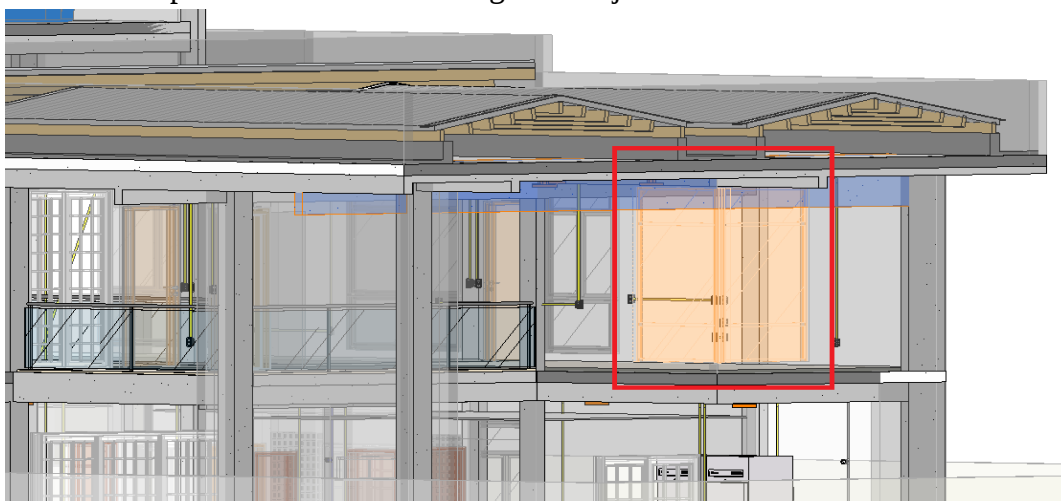
Figura 11 – Incompatibilidade entre o pilar e a janela da cozinha.



Fonte: Autoria própria (2018).

Foram detectadas um total de seis (6) interferências entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural, sendo destas, duas do tipo pilar com janela, uma do tipo viga com janela e três do tipo pilar com porta. Na Figura 12 pode-se observar uma intercessão entre uma viga e uma janela, nesta situação a viga foi dimensionada com uma altura que interceptou a janela, o projetista estrutural e o arquiteto responsável deveriam ter levado em consideração a relação do projeto arquitetônico com o projeto estrutural e entrarem em acordo quanto a decisão a ser adotada.

Figura 12 – Incompatibilidade entre uma viga e uma janela.

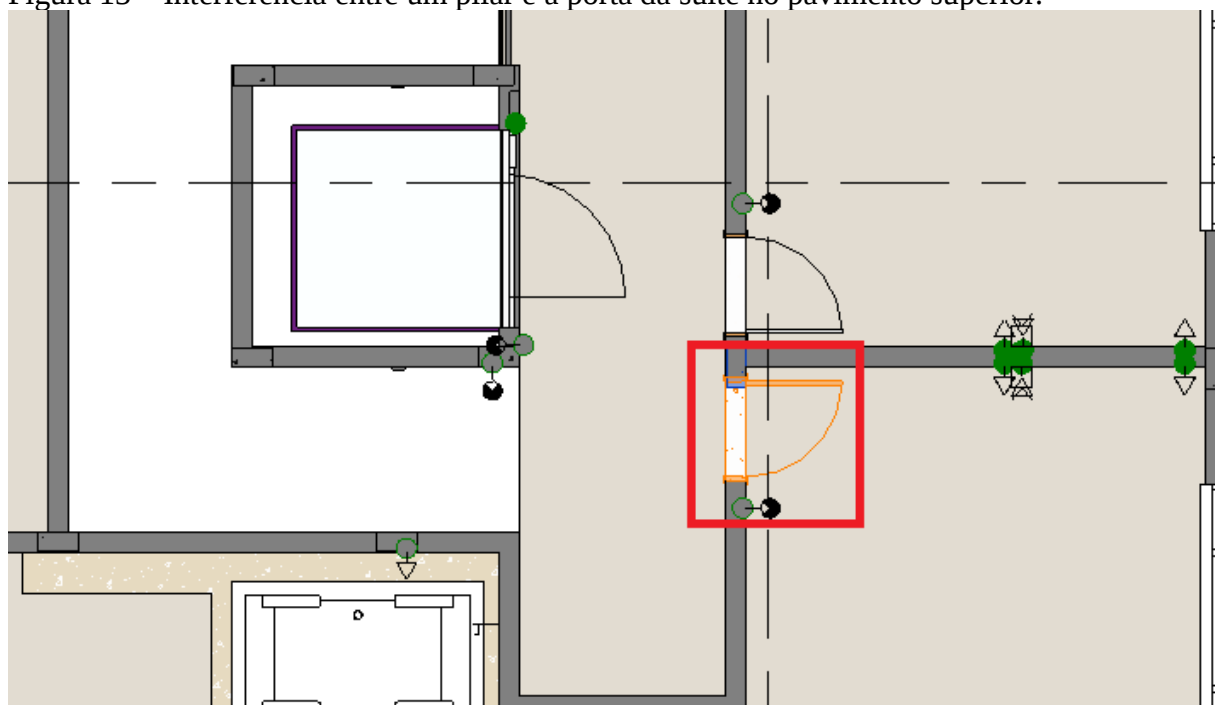


Fonte: Autoria própria (2018).

Por fim, o terceiro e último tipo de interferência entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural foi do tipo pilar e porta, como pode ser visto na Figura 13, na porta de uma suíte do pavimento superior.

As incompatibilidades encontradas provavelmente ocorreram devido à pouca atenção dada as características do projeto arquitetônico durante o dimensionamento e locação dos pilares e vigas do projeto estrutural. Estes problemas podem gerar paralisação da obra até que uma decisão seja tomada, gerando custo além de uma possível quebra no cronograma da obra.

Figura 13 – Interferência entre um pilar e a porta da suíte no pavimento superior.

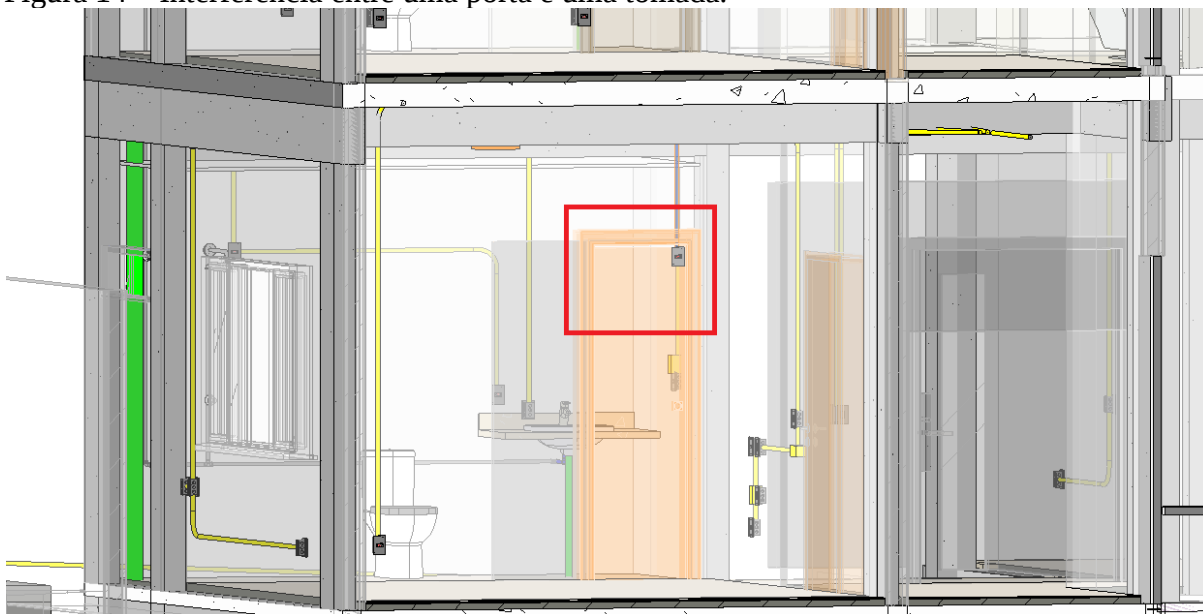


Fonte: Autoria própria (2018).

Dando continuidade às incompatibilidades encontradas referentes ao projeto arquitetônico e os projetos complementares, foi analisada as interferências entre o projeto arquitetônico e o projeto elétrico, onde encontrou-se apenas duas (2) incompatibilidades.

Pode-se visualizar na Figura 14 uma interferência existente entre uma porta e um dispositivo elétrico (tomada para o ar condicionado). Este tipo de interferência pode ter ocorrido devido à especificação incorreta da altura da tomada. A possibilidade de se trabalhar com o projeto em 3D traz vantagens como esta de proporcionar ao projetista a visualização da localização exata de cada um dos aparelhos dos projetos, podendo identificar mais facilmente este tipo de incoerência que pode passar despercebido em projetos 2D.

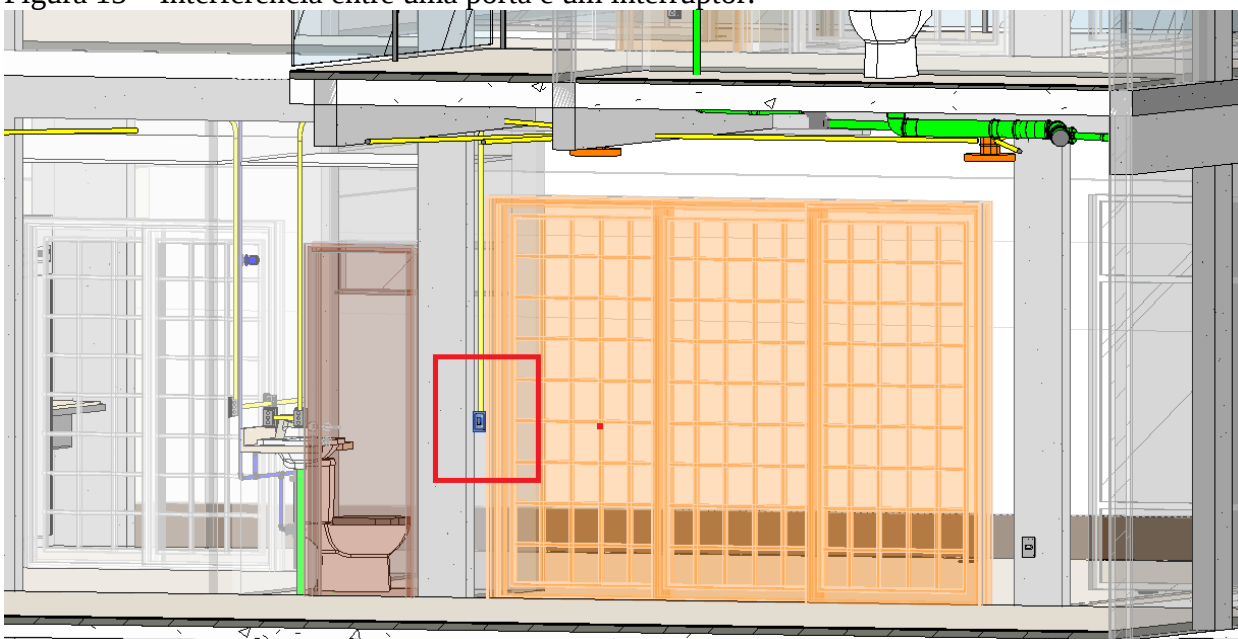
Figura 14 – Interferência entre uma porta e uma tomada.



Fonte: Autoria própria (2018).

A segunda interferência encontrada entre o projeto arquitetônico e o projeto elétrico pode ser visualizada na Figura 15 onde existe uma incompatibilidade entre uma porta e uma tomada. A tomada foi localizada entre a porta e o pilar onde há pouco espaço para a sua alocação. A partir desta interferência podemos ver a importância de se analisar mais de dois projetos ao mesmo tempo, pois a possibilidade de compatibilização com uma disciplina não impede a incompatibilidade com as demais.

Figura 15 – Interferência entre uma porta e um interruptor.



Fonte: Autoria própria (2018).

As incompatibilidades encontradas podem gerar custos extras para a alocação destes pontos elétricos em novos locais, custo com a mão de obra e, além disso, atraso nas atividades da obra, sendo necessário um tempo maior ao que estava previsto para realizar esta tarefa.

Na análise das interferências existentes entre o projeto arquitetônico e o projeto hidrossanitário não foram encontradas nenhuma incompatibilidade. Acredita-se que estas incompatibilidades poderão existir entre o projeto estrutural e o projeto hidrossanitário, uma vez que normalmente as instalações hidrossanitários já interceptam as paredes, o piso e o teto.

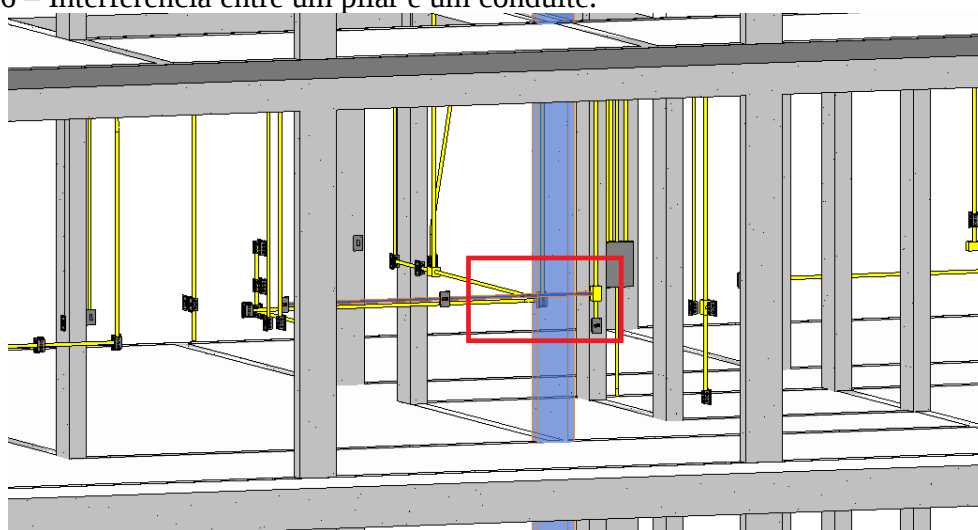
6.2 VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS ENTRE OS PROJETOS COMPLEMENTARES

Dando sequência a verificação de interferências, foram analisadas as incompatibilidades existentes entre os projetos complementares. Devido a sua dimensão e importância em uma edificação, optou-se por verifica-las a partir do projeto estrutural, dessa forma, serão analisadas as incompatibilidades entre o projeto estrutural e os demais projetos complementares (elétrico e hidrossanitário).

6.2.1 Incompatibilidades entre o projeto estrutural e o projeto elétrico

Primeiramente, analisou-se as incompatibilidades existentes entre o projeto estrutural e o projeto elétrico, foram contabilizadas treze (13) interferências entre pilares e conduítes, tomadas e/ou interruptores. Na Figura 16 pode-se visualizar que um conduíte está interceptando um pilar.

Figura 16 – Interferência entre um pilar e um conduíte.

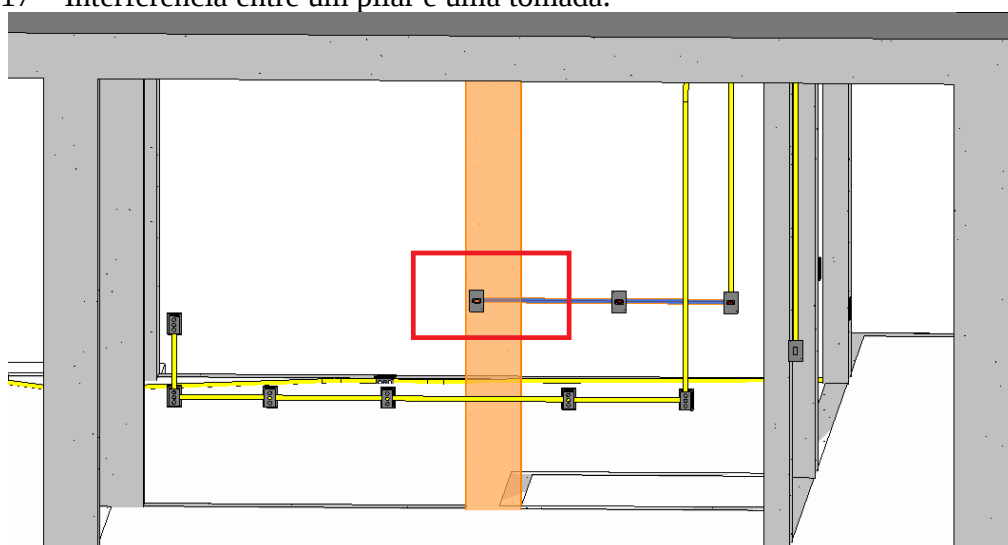


Fonte: Autoria própria (2018).

Este tipo de incompatibilidade ocorre devido à ausência de análise dos projetos de diferentes disciplinas em conjunto. A manipulação dos projetos em 2D também dificulta, dando pouca visibilidade as características dos projetos e alguns detalhes, como estes, podem passar despercebidos. Na etapa de execução, esta incompatibilidade poderá gerar uma possível paralisação para solução do problema ou se a decisão for tomada na própria obra sem consultar os responsáveis, pode até interferir no projeto estrutural, podendo gerar consequências na estabilidade da edificação.

É possível observar na Figura 17 mais um tipo de incompatibilidade do projeto estrutural com o projeto elétrico, onde uma tomada foi posicionada interceptando um pilar.

Figura 17 – Interferência entre um pilar e uma tomada.

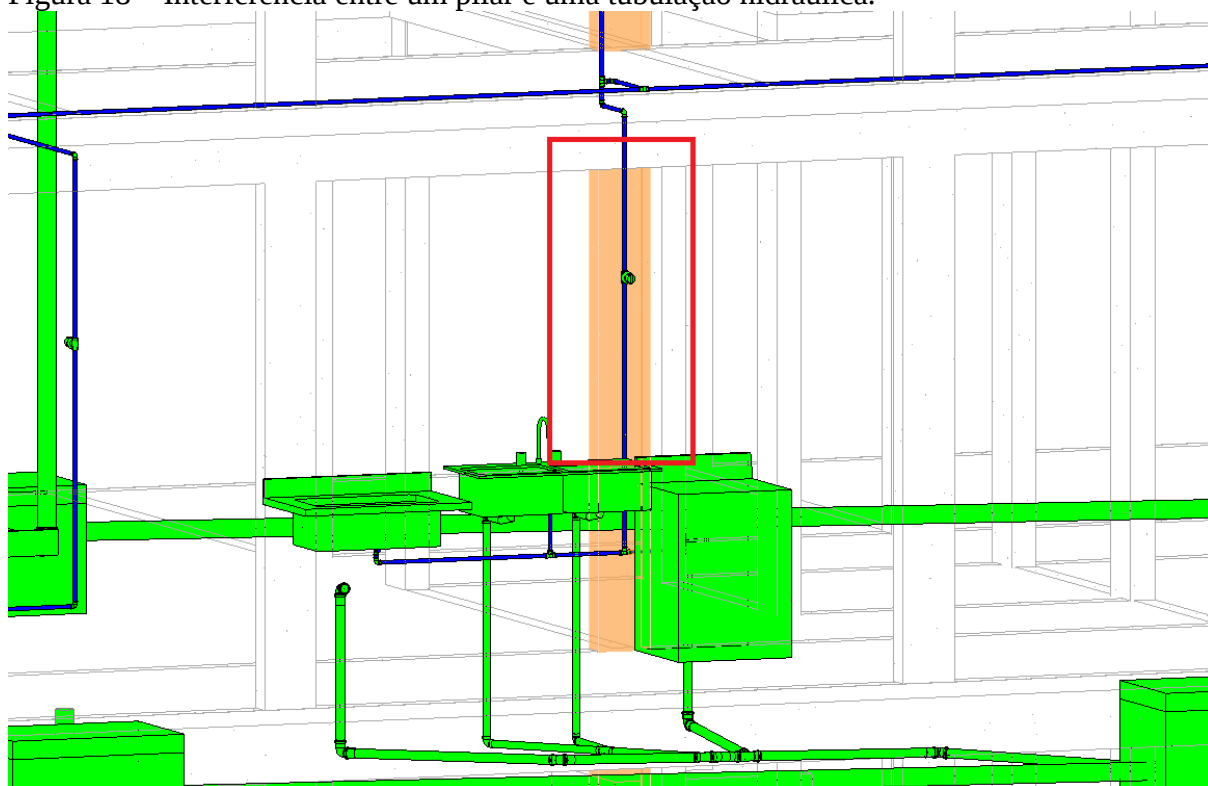


Fonte: Autoria própria (2018).

6.2.2 Incompatibilidades entre o projeto estrutural e o projeto hidrossanitário

Durante a análise encontrou-se cinquenta (50) incompatibilidades entre o projeto estrutural e o projeto hidrossanitário. A maior quantidade de interferências foi encontrada entre esses dois projetos e esse resultado já era esperado, por serem os projetos complementares com maior impacto em uma edificação. Na Figura 18 é possível visualizar uma incompatibilidade existente entre um pilar e uma tubulação do projeto hidráulico.

Figura 18 – Interferência entre um pilar e uma tubulação hidráulica.



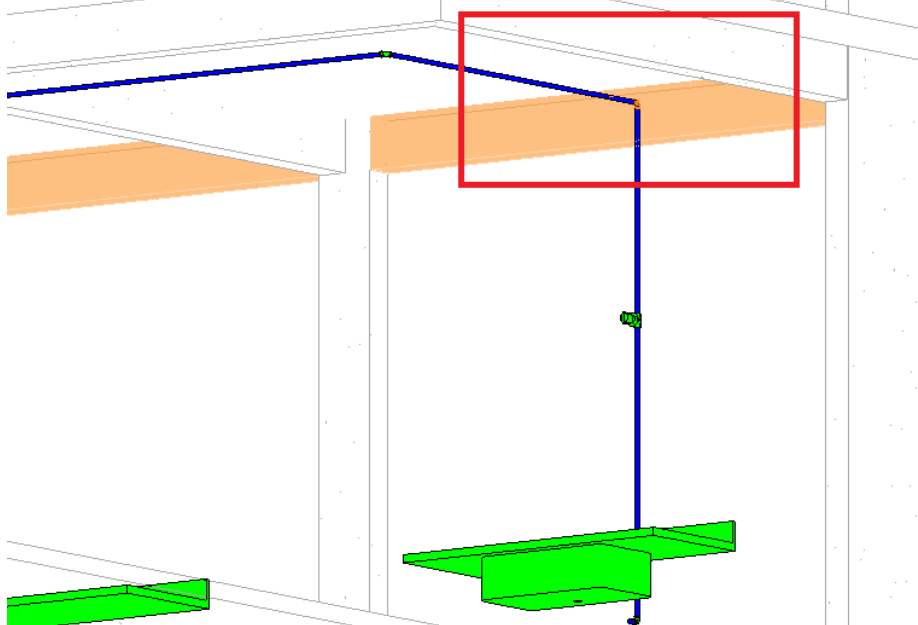
Fonte: Autoria própria (2018).

Percebe-se, com o número elevado de interferências, que estas podem causar um grande impacto no custo da obra, uma vez que ao chegar à etapa de execução de cada uma dessas intercepções, será necessário buscar uma solução; sendo estas simples ou complexas, dependendo do tipo de incompatibilidade, podendo ser de rápida solução ou causar atraso no cronograma da obra.

Além disso, depende da solução a ser realizada na obra, a estrutura da edificação pode ser prejudicada, uma vez que as tubulações não foram previstas. É importante prever no

projeto de estruturas as tubulações que irão cruzá-las. Na Figura 19 pode-se observar uma viga que é interceptada por uma tubulação do projeto hidráulico.

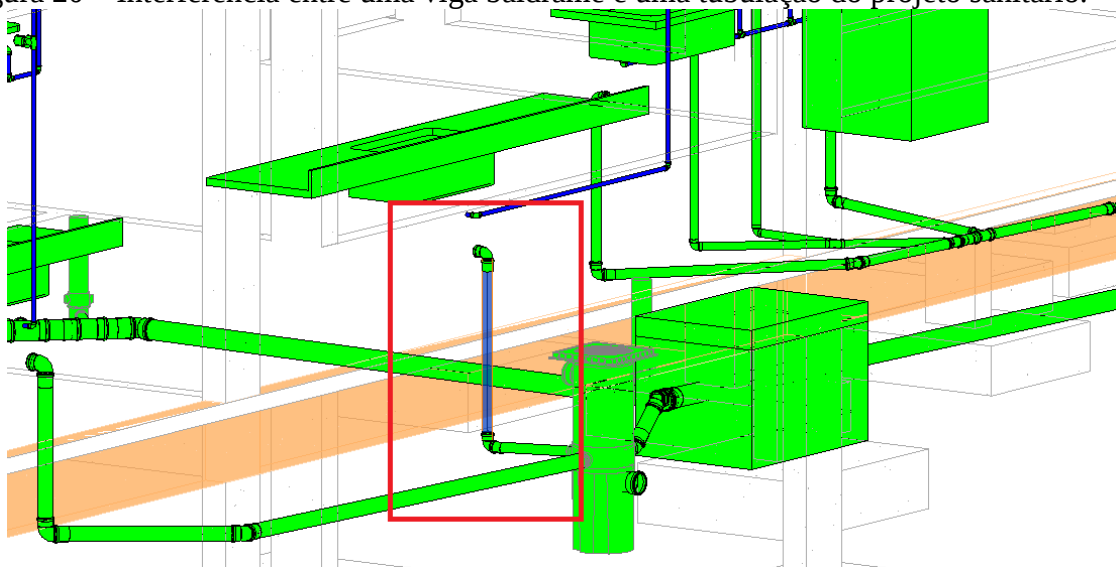
Figura 19 – Interferência entre uma viga e uma tubulação do projeto hidráulico.



Fonte: Autoria própria (2018).

Também se verificou interferências entre o projeto estrutural e o projeto de instalação sanitária, como se pode observar na Figura 20, onde um sub-ramal intercepta uma viga baldrame.

Figura 20 – Interferência entre uma viga baldrame e uma tubulação do projeto sanitário.



Fonte: Autoria própria (2018).

Por último, verificou-se as interferências entre o projeto elétrico e o projeto hidrossanitário e nenhuma interferência foi constatada.

Na Tabela 1 pode-se encontrar um resumo do quantitativo de interferências verificadas entre os projetos. Como já constatado, a maior quantidade de interferências foram encontradas entre o projeto estrutural e o projeto hidrossanitário, com cinquenta (50) interferências; seguido de treze (13) interferências entre o projeto estrutural e o projeto elétrico; seis (6) incompatibilidades entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural; apenas duas (2) intercessões entre o projeto arquitetônico e o projeto elétrico; e, por fim, nenhuma interferência entre os projetos arquitetônico e hidrossanitário e os projetos elétrico e o hidrossanitário.

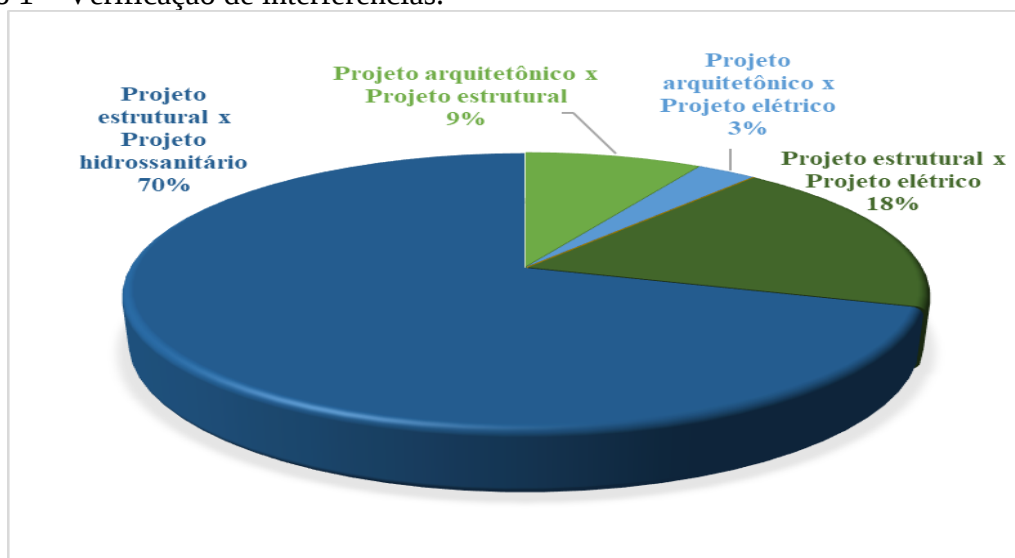
Tabela 1 – Verificação de interferências.

<i>Projetos analisados</i>	<i>Quantidade de interferências</i>
Projeto arquitetônico x Projeto estrutural	6
Projeto arquitetônico x Projeto elétrico	2
Projeto arquitetônico x Projeto hidrossanitário	0
Projeto estrutural x Projeto elétrico	13
Projeto estrutural x Projeto hidrossanitário	50
Projeto elétrico x Projeto hidrossanitário	0
Total	70

Fonte: Autoria própria (2018).

Analisando a quantidade de interferências no Gráfico 1, pode-se observar que 70% das incompatibilidades encontradas foram entre o projeto estrutural e o projeto hidrossanitário, apontando serem os projetos de maior impacto em uma construção e os que mais podem causar interferência. Seguido de 18% referente às incompatibilidades entre os projetos estrutural e elétrico, 9% de interferências entre os projetos arquitetônico e estrutural e, por último, 3% entre os projetos arquitetônico e elétrico.

Gráfico 1 – Verificação de interferências.



Fonte: Autoria própria (2018).

6.3 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS

Outra vantagem de se trabalhar com uma ferramenta BIM para o desenvolvimento de atividades de engenharia civil, como já dito anteriormente, é extrair com facilidade e de forma automática, os quantitativos, pode-se observar as tabelas de quantitativos extraídas do projeto no Anexo A.

Para criar as tabelas para a extração de quantitativos no *software* Autodesk Revit deve-se, primeiramente, escolher com que tipo de tabela gostaria de se trabalhar, sendo elas: tabela de quantidades – onde se pode extrair as quantidades de materiais dos elementos do projeto como, por exemplo, quantitativo das unidades de portas e janelas ou até o comprimento linear de alvenaria da residência; já o segundo tipo de tabela para extração de quantitativos é a tabela de levantamento de material – onde é possível extrair a quantidade de argamassa que será necessária para realizar o reboco da alvenaria, por exemplo.

Em cada um dos tipos de tabelas é possível escolher quais as informações que se deseja extrair e em qual unidade, podendo ser, por exemplo, em unidade de comprimento, área, volume, dependendo do que se esteja analisando, além disso, também é possível adicionar o custo dos elementos ou das famílias e obter os custos unitário e total.

Uma desvantagem da extração de quantitativos é que ao escolher a unidade que se deseja trabalhar, esta será extraída para todos os elementos da tabela em estudo; e, às vezes, em uma tabela costuma-se trabalhar com elementos em diferentes unidades, o que pode deixar

a tabela poluída com algumas informações desnecessárias. Por exemplo, na tabela de quantitativo de material da parede, a cerâmica costuma ser utilizada em unidade de área, enquanto o seu volume é desnecessário; por outro lado, a tinta é mais interessante obter o seu valor em volume para saber quantas latas ou galões serão necessários.

Além disso, a tabela é dinâmica, ou seja, mesmo após a criação da tabela, ao realizar alguma modificação no projeto, os quantitativos são automaticamente atualizados, sem haver o trabalho de ter que extrair os quantitativos novamente ou correr o risco de entregar os quantitativos para o orçamento com os valores errados. Além disso, esses valores são altamente confiáveis e precisos, tornando o orçamento da obra o mais preciso possível.

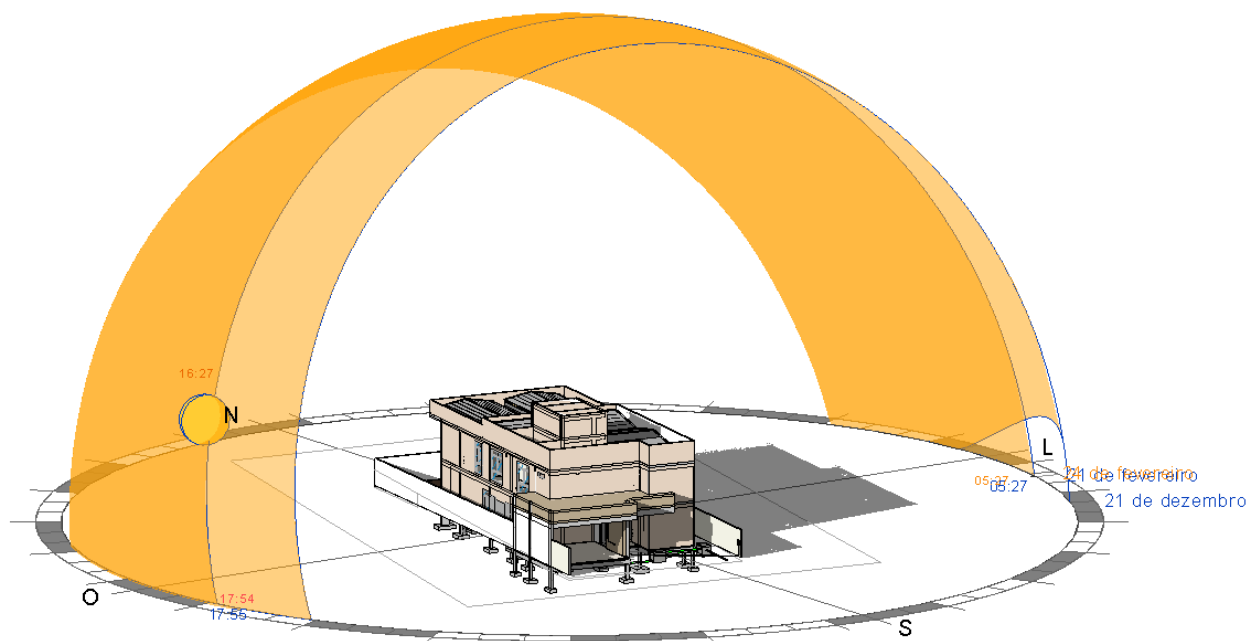
6.4 ESTUDO SOLAR

Um dos intuitos de se trabalhar com uma modelagem BIM, é analisar a sustentabilidade das edificações e verificar o consumo energético das mesmas, isto permite a obtenção do melhor desempenho dos sistemas. A locação da residência de acordo com o norte verdadeiro vai influenciar na exposição do sol sob na mesma. Por isto, o estudo solar pode auxiliar na melhoria do desempenho térmico de uma edificação.

Este estudo tem o intuito de avaliar o modelo e consequentemente o desempenho da edificação e obter o uso potencial de energia natural na edificação, a fim do direcionamento para um projeto mais sustentável.

Estas informações podem ser extraídas do *software* Revit, como é possível observar na Figura 21, o estudo solar sob o modelo da residência.

Figura 21 – Estudo solar.

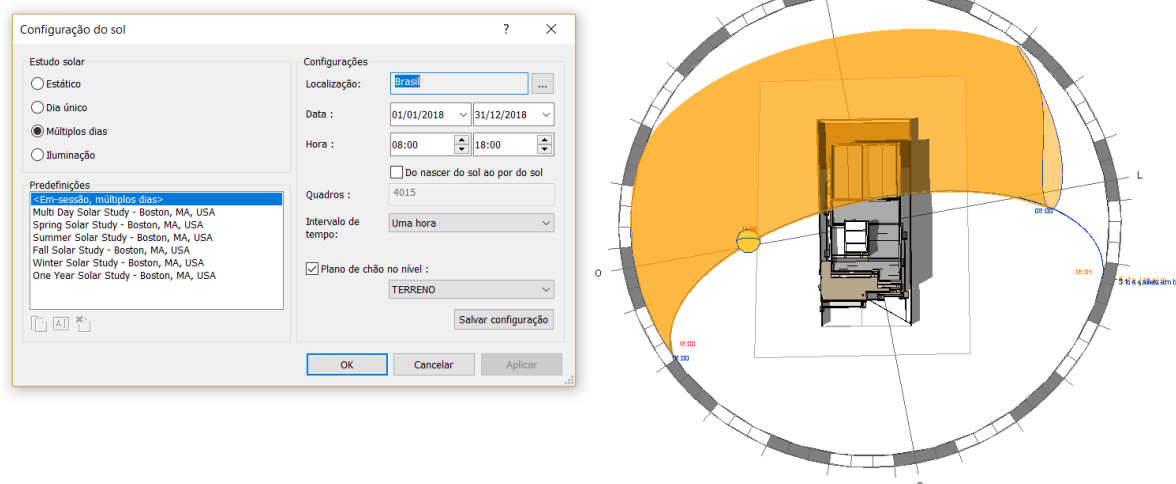


Fonte: Autoria própria (2018).

Com o auxílio do *software*, além de escolher os dias e horários nos quais se deseja observar a trajetória solar, ainda se pode acrescentar a locação exata da residência, de forma que o estudo se torne preciso e eficaz.

Dessa forma, é possível observar na Figura 22, o local de maior exposição solar da residência, sendo este a área da cozinha e terraço gourmet no pavimento térreo e da suíte e varanda no pavimento superior. Ainda, destacando-se que na região em estudo, os ventos predominantes são oriundos do Nordeste, ou seja, apesar de serem os ambientes de maior exposição solar, serão os mais ventilados, possivelmente compensando-os.

Figura 22 – Configuração do estudo solar.



Fonte: Autoria própria (2018).

6.5 DIFICULDADES ENCONTRADAS NA ELABORAÇÃO DOS PROJETOS

O projeto disponibilizado possuía informações insuficientes ou inexistentes para o seu desenvolvimento e possivelmente para a execução do mesmo. Essas características geralmente estão associadas à concepção de projetos em CAD (2D). A construção de um modelo virtual exige uma quantidade de informações que geralmente não são apresentadas nas modelagens tradicionais. Devido à complexidade da residência unifamiliar do estudo de caso, algumas decisões tiveram que ser tomadas para a conclusão dos projetos.

É possível afirmar que se não foi possível desenvolver um modelo virtual com as informações fornecidas nos projetos, não seria possível executar a residência, ou, no mínimo, a mesma apresentaria dificuldades construtivas. Esta ausência de informações poderia gerar consultas aos responsáveis pelos projetos e revisões em seus respectivos, provocando espera na obra ou soluções improvisadas que também causariam custos extras.

Para desenvolver os projetos elétrico e hidrossanitário, percebeu-se uma pequena dificuldade a mais em relação ao projeto arquitetônico, pois precisava-se trabalhar simultaneamente em planta baixa, vista e 3D para conseguir visualizar com facilidade. Entretanto, entende-se isto como uma vantagem da ferramenta BIM, ter a possibilidade de visualizar mais facilmente em diversas vistas e em 3D, simultaneamente.

A compatibilização de projetos em uma ferramenta BIM, além de oferecer facilidade de visualização e de detecção de interferências, gera relatórios de interferências e tabelas de quantitativos que podem auxiliar no processo.

Entretanto, na etapa de verificação de interferência dos projetos, só foi possível realizar a compatibilização entre dois projetos de cada vez. Percebeu-se isto como uma desvantagem pois o mais interessante seria realizar a compatibilização entre todos os projetos ao mesmo tempo. Mas ainda foi possível identificar diversas interferências entre as disciplinas.

Outra desvantagem da verificação de interferências percebida foi o *software* identificar elementos que não são considerados incompatibilidades como sendo uma. Por exemplo, na verificação de incompatibilidades do projeto arquitetônico com o projeto elétrico, detectou-se as interceptações dos conduítes com as paredes como sendo incompatibilidades, porém, sabe-se que os conduítes são construtivamente embutidos na alvenaria.

Por isso, foi necessário avaliar cada uma das interferências apresentadas pelo programa para que não fosse contabilizado incompatibilidades de forma errônea.

6.6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Existem outras ferramentas BIM que podem auxiliar no processo de compatibilização de projetos e que aceitam a extensão IFC, dentre elas, o Autodesk NavisWorks. De acordo com a Autodesk (2018), este software permite que profissionais de arquitetura, engenharia e construção analisem de forma completa e sincronizada juntamente com os interessados, os modelos e informações para controlar melhor os resultados do projeto.

A primeira sugestão seria a utilização deste *software*, pois com ele é possível obter o planejamento e cronograma da obra, verificando também problemas que só são identificados durante o processo executivo e já realizando a correção dos mesmos, obtendo, assim, o melhor planejamento possível para a obra em estudo.

E, ainda, ao permitir a visualização do andamento da obra, o BIM integrado ao planejamento pode gerar controles mais precisos sobre os prazos de execução. A precisão vem principalmente da maior confiabilidade das informações do modelo e da possibilidade de oferecer a equipe da obra diversas formas de se realizar a execução, optando pela melhor opção que se encaixe a equipe.

A segunda sugestão seria desenvolver um estudo em que fosse possível analisar todos os níveis de um modelo BIM. Dessa forma, poderia se analisar também o cronograma da obra e o ciclo de vida da edificação.

7 CONCLUSÃO

A verificação de interferências deveria ser um processo a ser realizado ao longo de toda concepção de projetos, incorporando as informações dos projetos complementares no projeto arquitetônico de forma que o estudo fosse contínuo e evitasse as incompatibilidades que, geralmente, só são percebidas durante a fase de execução.

O desenvolvimento dos projetos no *software* Revit permitiu que se analisasse o modelo da informação da construção, dentro de todos os níveis descrito, até o nível de 5D, além de se trabalhar com os projetos em três dimensões, foi possível se extrair os quantitativos do modelo, conforme tabelas em Anexo, e realizar o estudo solar da edificação.

A utilização do *software* permitiu verificar diversas vantagens bem como algumas dificuldades. O estudo permitiu ressaltar a importância de se analisar os projetos simultaneamente e da existência de um Gestor de Projetos, profissional responsável por gerenciar todo o processo de concepção de projetos e que poderá utilizar o BIM para este trabalho.

Com o estudo de caso, obteve-se um total de 70 interferências e foi possível observar a origem da maior quantidade de interferências, sendo estas de 70% advindas entre o projeto estrutural e o projeto hidrossanitário, contabilizando 50 incompatibilidades. Dessa forma, durante o desenvolvimento destes, sabe-se que é necessário ter uma atenção maior, pois quanto menos incompatibilidades houverem, menos serão os custos com a correção destas.

O uso da ferramenta Revit se mostrou eficaz para a atividade que foi aplicada – o desenvolvimento dos projetos e a verificação de interferências, além de se mostrar bastante eficaz e de trazer excelentes benefícios no emprego para o desenvolvimento de atividades no cenário da engenharia civil.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13.531. Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 10p.
- ACCETTI, K. M. **CONTRIBUIÇÕES AO PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade de São Paulo: São Paulo, 1998.
- ADESSE, E. SALGADO, M. S. **IMPORTÂNCIA DO COORDENADOR DO PROJETO NA GESTÃO DA CONSTRUÇÃO: A VISÃO DO EMPREENDEDOR**. NUTAU 2006. Rio de Janeiro: 2006.
- ANDERLE, E. A. **ANÁLISE DO PROCESSO DE MODELAGEM 5D (BIM): ESTUDO DE CASO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina: 2017. 119 p.
- ANDRADE, M. L. V. X. de. RUSCHEL, R. C. INTOPERABILIDADE ENTRE ARCHCAD E REVIT POR MEIO DO FORMATO IFC. **IV TIC Rio de Janeiro**: Rio de Janeiro, Brasil, 17-19 jun. 2009.
- ARAÚJO, V. M. **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÃO**. Monografia (Especialização em Construção Civil). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG): Belo Horizonte, 2015.
- ASBEA. **Guia de Boas Práticas em BIM – Fascículo I – Estruturação do escritório de projeto para a implantação do BIM**. 2013.
- AUTODESK. 2018. **NAVISWORKS**. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview>>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- BAIA, D. V. S. **USO DE FERRAMENTAS BIM PARA O PLANEJAMENTO DE OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL?**. 2015. Dissertação (Mestrado em Estruturas e em Construção Civil), Universidade de Brasília/DF, 117 p., 2015.
- BOMFIM, C. A. A. LISBOA, B. T. W. MATOS, P. C. C. de. SIGraDI 2016, XX Congresso f the Iberoamerican Society of Digital Graphics. **Gestão de Obras com BIM – Uma nova era para o setor da Construção Civil**. 9-11 nov. 2016. Buenos Aires, Argentina: 2016.
- BRYDE, D; BROQUETAS, M; VOLM, J. A. **The project benefits of Building Information Modelling – BIM**. International Journal of Project Management 31, 2013.

CALLEGARI, Simara. **ANÁLISE DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM TRÊS EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Santa Catarina. Santa Catarina: Florianópolis, 2007.

CAMBIAGHI, H. AMÁ, R. CASTANHO, M. WESTERMANN, M. **DIRETRIZES GERAIS PARA INTERCAMBIALIDADE DE PROJETOS EM CAD: INTEGRAÇÃO ENTRE PROJETISTAS, CONSTRUTORAS E CLIENTES**. AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. São Paulo. Pini, 2002.

CAMPESTRINI, T. F. GARRIDO, M. C. MENDES Jr., R. SCHEER, S. FREITAS, M. do C. D. **Entendendo BIM: uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. 1 ed. Curitiba - PR, 2015.

CAIADO, V. N. S. **A contratação dos serviços de arquitetura e sua influência na qualidade do projeto: estudo de caso em construtoras do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura): Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 2004. 106 p.

CARDOSO, Roberto Sales. **Orçamento de obras em foco: um novo olhar sobre a engenharia de custos**. São Paulo: Pini, 2009. 481 p.

CUNHA, A. P. da. **PLATAFORMA BIM: GESTÃO DE PROJETOS**. Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. 2017.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FABRICIO, M. M. **PROJETO SIMULTÂNEO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade de São Paulo, 351 p., São Paulo, 2002.

FABRICIO, M. M. MELHADO, S. B. GRILHO, L. M. **COORDENAÇÃO E COORDENADORES DE PROJETOS: MODELOS E FORMAÇÃO**. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 3., 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFMG/USP, 2003.

HIPPERT, M. A. S.; ARAÚJO, T. T. **A contribuição do BIM para a representação do ambiente construído**. I Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro: 2010.

JUSTI, A. R. **IMPLANTAÇÃO DA PLATAFORMA REVIT NOS ESCRITÓRIOS BRASILEIROS: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA**. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, Vol. 3, nº 1, mai. 2008.

MATOS, C. R. de. **O USO DO BIM NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS**. 2016. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Universidade de Brasília. Brasília - DF: Março, 2016.

MATTOS, Aldo Dórea. **BIM 3D, 4D, 5D e 6D**. Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2018.

MATTOS, Aldo Dórea. Como preparar orçamentos de obra. São Paulo: Pini, 2006. 281 p

MELHADO, S.B. **QUALIDADE DO PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS: APLICAÇÃO AOCASO DAS EMPRESAS DE INCORPORAÇÃO E CONSTRUÇÃO**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994, 294 p.

MELHADO, S. B. **GESTÃO, COOPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO PARA UM NOVO MODELO VOLTADO À QUALIDADE DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**. Tese (Concurso de Livre-Docência), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 255 p., 2001.

MIKALDO JR, J.; SCHEER, S. Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: Qual a melhor solução?. **Gestão & Tecnologia de Projetos**: Vol. 3, nº 1, p. 79-99, mai. 2008.

OLIVEIRA, O. J. MELHADO, S. B. **COMO ADMINISTRAR EMPRESAS DE PROJETO DE ARQUITETURA E ENGENHARIA CIVIL**. 1d. Pini, São Paulo: 2006.

SANTOS, A. de P. L. WITICOVSKI, L. C. GARCIA, L. E. M. SCHEER, S. A. UTILIZAÇÃO DO BIM EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL. **IJIE**, vol.1, nº 2, p. 24-42, Florianópolis, SC: 2009

SOUSA, B. C. da S. F. LIMA, I. N. de A. MAIA, M. M. NASCIMENTO, A. T. de A. E. **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS: ESTUDO DE CASO NUMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE ALTO PADRÃO EM MOSSORÓ/RN**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Potiguar, Mossoró/RN, 2017.

ANEXOS

ANEXO A

Figura 23 – Tabela de quantitativo das janelas.

<.JANELAS>					
A	B	C	D	E	F
Contador	Marca de tipo	Nível	DIMENSÕES		Altura do peitoril
			Largura	Altura	
2	J01	TÉRREO	0,80	2,00	0,30
3	J02	TÉRREO	1,00	0,30	1,80
2	J02	1º PAV.	1,00	0,30	1,80
1	J02	1º PAV.	1,00	0,30	2,10
1	J03	TÉRREO	1,20	1,93	0,15
1	J03	1º PAV.	1,20	1,93	0,15
1	J04	TÉRREO	1,40	2,35	0,15
2	J04	1º PAV.	1,40	2,35	0,15
3	J05	TÉRREO	2,00	1,20	0,90
2	J05	1º PAV.	2,00	1,20	0,90
2	J06	1º PAV.	2,00	1,93	0,15
20					

Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 24– Tabela de quantitativo das portas.

<.PORTAS>				
A	B	C	D	E
UN	COMPONENTE	PAVIMENTO	DIMENSÕES	
			LARGURA	ALTURA
1	P01	TÉRREO	3,11	2,44
3	P02	TÉRREO	1,60	2,10
1	P03	1º PAV.	1,40	2,44
1	P04	TÉRREO	1,30	2,13
1	P05	TERRENO	1,00	2,00
1	P05	1º PAV.	1,00	2,00
2	P06	TÉRREO	0,80	2,10
1	P07	1º PAV.	0,75	2,10
2	P08	TÉRREO	0,70	2,10
4	P08	1º PAV.	0,70	2,10
1	P09	TÉRREO	0,65	2,15
2	P09	1º PAV.	0,65	2,15
2	P10	TÉRREO	0,60	2,10
1	P10	1º PAV.	0,60	2,10

Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 25 – Tabela de quantitativo das paredes.

<.TABELA DE PAREDE>		
A	B	C
Família e tipo	Área	Quantidade de tijolos
Parede básica: 8cm	0,78 m ²	21,45
Parede básica: 15cm EXTERNO	367,49 m ²	10105,90
Parede básica: 15cm INTERNO	556,60 m ²	15306,41
Parede básica: 30cm INTERNO	30,25 m ²	831,93
Total geral: 106	955,12 m ²	26265,69

Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 26 – Tabela de quantitativo dos materiais da parede.

<.QUANTITATIVO MATERIAL PAREDE>		
A	B	C
Material: Nome	Material: Volume	Material: Área
.TINTA COR BEGE	0,00 m ³	590,40 m ²
.TINTA COR BRONZE MONTANA	0,00 m ³	83,66 m ²
ALVENARIA DE BLOCO	76,79 m ³	955,41 m ²
CERAMICA	0,00 m ³	241,49 m ²
CHAPISCO	4,76 m ³	1908,65 m ²
DRY WALL	0,05 m ³	0,78 m ²
EMBOÇO	41,02 m ³	1908,66 m ²
MASSA ACRÍLICA	0,92 m ³	367,48 m ²
MASSA PVA	3,85 m ³	1541,17 m ²
REBOCO	15,38 m ³	1908,65 m ²
SELADOR	0,00 m ³	1541,18 m ²
TINTA ACRÍLICA	0,92 m ³	367,48 m ²
TINTA LÁTEX	3,86 m ³	1542,73 m ²

Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 27 – Tabela de quantitativo dos conduítes.

<.QUANTITATIVO DE CONDUITES>		
A	B	C
Tipo	Diâmetro (tamanho comercial)	Comprimento
Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 80)	20 mm	0,59
Conduíte não-metálico rígido (RNC Sch 80)	21 mm	372,95
		373,53

Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 28 – Tabela de quantitativo da tubulação de esgoto e água fria.

<.QUANTITATIVO TUBULAÇÃO ESGOTO>		
A	B	C
Tipo	Diâmetro interno	Comprimento
Tubo - Esgoto - Série Normal	38 mm	22,60
Tubo - Esgoto - Série Normal	47 mm	15,92
Tubo - Esgoto - Série Normal	72 mm	8,97
Tubo - Esgoto - Série Normal	96 mm	62,81
Tubo Marrom - Água Fria - Soldável	17 mm	115,57
Tubo Marrom - Água Fria - Soldável	20 mm	0,10
Tubo Marrom - Água Fria - Soldável	35 mm	5,08

Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 29 – Tabela de quantitativo dos pilares.

<.VOLUME DE CONCRETO - PILARES>		
A	B	C
Material: Nome	Material: Volume	Material: Área
Concreto, Moldado no local - Cinza	11,99 m³	240,44 m²
Total geral: 49	11,99 m³	240,44 m²

Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 30 – Tabela de quantitativo das vigas.

<VOLUME DE CONCRETO - QUADRO ESTRUTURAL>		
A	B	C
Material: Nome	Material: Volume	Material: Área
Concreto, Moldado no local - Cinza	28,34 m³	584,47 m²
Total geral: 95	28,34 m³	584,47 m²

Fonte: Autoria própria (2018).

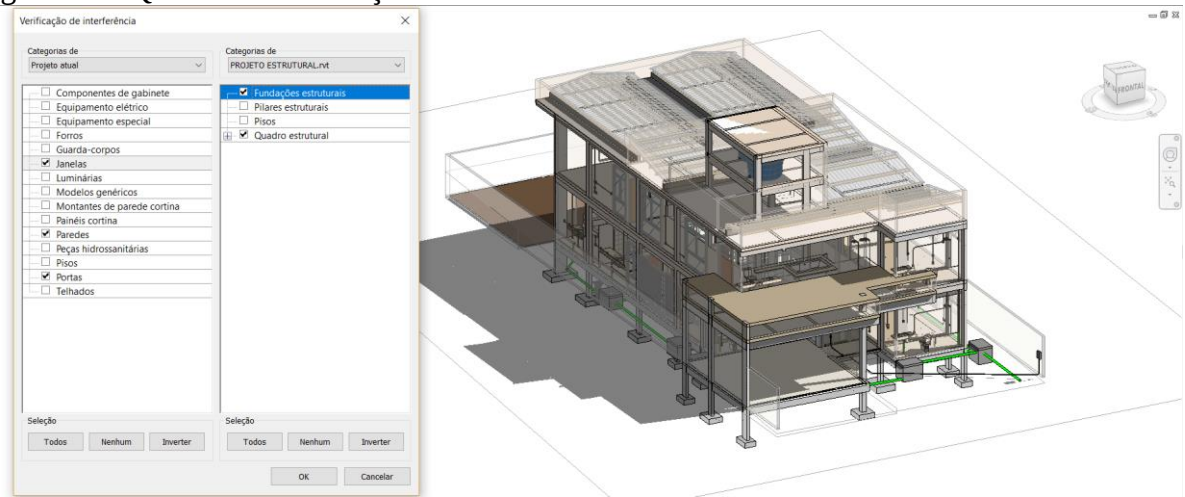
Figura 31 – Tabela de quantitativo das fundações.

<FUNDAÇÕES>		
A	B	C
Família	Volume	Área
Sapata-Retangular	6,43 m³	24,15 m²

Fonte: Autoria própria (2018).

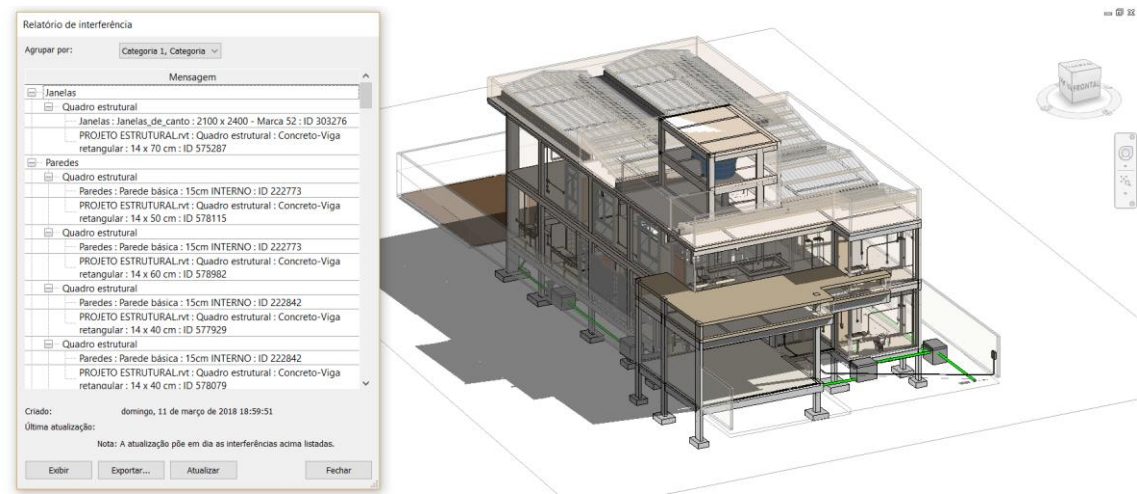
ANEXO B

Figura 32 – Quadro de verificação de interferências.



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 33 – Relatório de interferências gerado pelo Revit.



Fonte: Autoria própria (2018).