

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

JOÃO PAULO LAZZARI

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL
DE UMA EDIFICAÇÃO NA PLATAFORMA BIM**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2017

JOÃO PAULO LAZZARI

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL
DE UMA EDIFICAÇÃO NA PLATAFORMA BIM**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia
Civil da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná para a obtenção do
título de Engenheiro Civil.

Orientador Prof. Dr. Osmar J. Consoli

PATO BRANCO

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO NA PLATAFORMA BIM

João Paulo Lazzari

No dia 22 de novembro de 2017, às 13h00min, na SALA V 112 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº 35-TCC/2017.

Orientador: Professor Dr. OSMAR JOÃO CONSOLI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Professor Dr. VOLMIR SABBI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da BANCA: Professora. Msc. RAYANA CAROLINA CONTERNO (DACOC/UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela proteção divina e por me permitir a busca do conhecimento em todas as etapas da minha formação. Reconheço a todos os professores do departamento de construção civil da UTFPR, que forneceram seus conhecimentos e contribuíram a todo o momento em minha graduação.

Também sou grato a minha família, por sempre estar ao meu lado, dedicando todo o seu amor e apoio em todas minhas decisões. Motivaram-me e sustentaram com muita dedicação ao longo desta caminhada.

RESUMO

LAZZARI, João Paulo. **Compatibilização de projetos arquitetônico e estrutural de uma edificação na plataforma BIM**. 66 páginas. Monografia. (Curso de Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Pato Branco 2017.

Objetivando a eficiência no gerenciamento da informação na construção civil em todos os seus processos até o produto final, o mercado apresentou a necessidade da evolução tecnológica, estabelecendo parâmetros na implantação da plataforma BIM (Building Information Modeling – modelagem de informação da construção). A integração entre todos os sistemas compreendidos de uma edificação e informações concedidas de forma simultânea entre profissionais capacitados, aprimora e potencializa de maneira eficiente o funcionamento da obra a se gerenciar.

Portanto, o foco deste trabalho, é abordar a importância da inter-relação entre os projetos, realizando a modelagem de projetos em 3D com auxílio da plataforma BIM, e posterior compatibilização dos mesmos. Demonstrar que para todas as falhas detectadas existem possíveis soluções ainda na fase de elaboração, e que irão beneficiar o bom desenvolvimento na execução da construção.

Em decorrência de todas as informações e aspectos apresentados, os resultados deste trabalho se finalizaram satisfatórios. Em primeira etapa, realizando o levantamento de dados fornecidos pelos projetistas, e na segunda etapa a modelagem dos projetos. Com o auxílio da plataforma BIM, na terceira fase pode-se então, detectar os conflitos e incompatibilidades entre as interfaces dos sistemas arquitetônico e estrutural. Antecipadamente a descrever as possíveis soluções para as falhas, os maiores números de ocorrências localizadas foram de 13 pilares com posicionamento incompatíveis.

Palavras-chave: Compatibilização. Projetos. Tecnologia BIM.

ABSTRACT

LAZZARI, João Paulo. **Architectural and structural project compatibility of a building on the BIM platform. 66 pages. Monograph.** (Civil Engineering Course). Federal Technological University of Paraná - Pato Branco 2017.

Aiming the efficiency in information management in civil construction in all its processes up to the final product, the market presented the need for technological evolution, establishing parameters in the implementation of the BIM (Building Information Modeling) platform. The integration between all the systems comprised of a building and information granted simultaneously between trained professionals, efficiently enhances and enhances the operation of the work to be managed.

Therefore, the focus of this work is to address the importance of the interrelationship between the projects, carrying out the 3D modeling of projects with the help of the BIM platform, and their subsequent compatibilization. Demonstrate that for all the detected faults there are possible solutions still in the elaboration phase, and that will benefit the good development in the execution of the construction.

As a result of all the information and aspects presented, the results of this work were satisfactory. In the first stage, performing the survey of data provided by the designers, and in the second stage the modeling of the projects. With the help of the BIM platform, in the third phase one can then detect the conflicts and incompatibilities between the interfaces of the architectural and structural systems. In advance to describe the possible solutions to the failures, the largest numbers of localized occurrences were 13 columns with incompatible positioning.

Key-words: Compatibility. Projects. BIM technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Proposta de estruturação para a equipe da coordenação de projetos	21
Figura 2: Sequência de compatibilização	23
Figura 3: Esquema de funcionamento da plataforma BIM	24
Figura 4: Planta de situação Fonte: Projeto Arquitetônico (2017).	30
Figura 5: Planta baixa Pavimento inferior Fonte: Projeto Arquitetônico (2017).	31
Figura 6: Planta baixa Pavimento superior	32
Figura 7: Planta de Cobertura	32
Figura 8: Fachada Oeste	33
Figura 9: Fachada Leste Fonte: Projeto Arquitetônico (2017)	33
Figura 10: Planta de locação Fonte: Projeto Estrutural (2017)	34
Figura 11: Fôrmas do Pavimento Garagem Fonte: Projeto Estrutural (2017) ..	35
Figura 12: Fôrmas do Pavimento Térreo Fonte: Projeto Estrutural (2017)	35
Figura 13: Fôrmas do Pavimento Cobertura Fonte: Projeto Estrutural (2017) .	36
Figura 14: Fôrmas do Pavimento Platibanda Fonte: Projeto Estrutural (2017)	37
Figura 15: Modelo Arquitetônico (Vista 3D) Fonte: Autoria Própria - Extraído do software Revit (2017)	38
Figura 16: Modelo Arquitetônico (Vista 3D) Fonte: Autoria Própria - Extraído do software Revit Architecture (2017)	39
Figura 17: Modelo Estrutural (Vista 3D) Fonte: Autoria própria - Extraído do software Revit Structure (2017)	40
Figura 18: Modelo Estrutural (Vista 3D) Fonte: Autoria própria - Extraído do software Revit Structure (2017)	40
Figura 19: Pavimento baldrame a compatibilizar Fonte: Autoria Própria - Extraído do Software Revit Building (2017)	46
Figura 20: Pavimento Baldrame (Vista isométrica) Fonte: Autoria própria – Extraído do Software Revit Building (2017)	46
Figura 21: Pavimento térreo a compatibilizar Fonte: Autoria Própria – Extraído do software Revit (2017)	50
Figura 22: Pavimento Térreo (Vista Isométrica) Fonte: Autoria Própria - Extraído do software Revit (2017)	51

Figura 23: Pavimento Cobertura a compatibilizar Fonte: Autoria própria -
Extraído do software Revit (2017) 55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Pranchas necessárias para Projeto Arquitetônico	27
Quadro 2: Pranchas necessárias para Projeto Estrutural	27
Quadro 3: Elementos a se compatibilizar	28
Quadro 4: Conferência de informações.....	28
Quadro 5: Inconformidades localizadas no Projeto Arquitetônico	41
Quadro 6: Ilustrações das inconformidades da Arquitetura.....	42
Quadro 7: Inconformidades localizadas no Projeto Estrutural.....	43
Quadro 8: Ilustrações das inconformidades da Estrutura.....	43
Quadro 9: Inconformidades localizadas no Pav. Baldrame	46
Quadro 10: Ilustrações das inconformidades do pavimento baldrame	47
Quadro 11: Inconformidades localizadas no Pav. Térreo.....	51
Quadro 12: Ilustrações das inconformidades no pavimento térreo	52
Quadro 13: Inconformidades localizadas no Pav. Cobertura	55
Quadro 14: Ilustrações das inconformidades do pavimento cobertura	57
Quadro 15: Propostas de alterações de projeto	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Compatibilização Arquitetura x Estrutura	59
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BIM – Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção)

CAD – Computer Aided Design (Desenho assistido por computador)

DWG – Extensão de arquivos de desenho do software AutoCAD

NBR – Norma Brasileira

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	JUSTIFICATIVA	15
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	17
2.1	CONCEITUAÇÃO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
2.1.1	Projeto Arquitetônico	18
2.1.2	Projeto Estrutural	19
2.2	COORDENAÇÃO DE PROJETOS	20
2.2.1	Compatibilização	22
2.2.2	BIM	23
3	METODOLOGIA	26
3.1	ETAPAS DA METODOLOGIA	26
3.1.1	Análise dos Projetos	26
3.1.2	Modelagem dos Projetos em BIM	27
3.1.3	Compatibilização dos Projetos	27
3.2	SOFTWARES EMPREGADOS	28
4	ESTUDO DE CASO	30
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	30
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS PROJETOS	31
4.2.1	Projeto Arquitetônico	31
4.2.2	Projeto Estrutural	33
4.3	MODELAGEM DOS PROJETOS NA PLATAFORMA BIM	37
4.3.1	Projeto Arquitetônico	38
4.3.2	Projeto Estrutural	39
5	Resultados e discussões	41
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO	41
5.1.1	Compatibilização Arquitetura x Arquitetura	41
5.1.2	Compatibilização Estrutura x Estrutura	43
5.1.3	Compatibilização Arquitetura x Estrutura	45

5.2	PROPOSTAS PARA A SOLUÇÃO DE INCONFORMIDADES.....	59
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1 INTRODUÇÃO

Na indústria da construção civil, os projetos estabelecem funções fundamentais no desempenho final do empreendimento. É nesta etapa que se concebe a idealização do produto. E conforme abrange Tzortzopoulos (1999), é esta a fase de elaboração e organização das diretrizes de projeto, que influenciam nos processos construtivos empregados, cronogramas da obra e recursos financeiros disponíveis para execução.

Porém, a fase de projetos é dividida em diversas etapas de planejamento, que se inter-relacionam gradualmente com o desenvolvimento dos projetos. Inicialmente, com o estudo de viabilidade, o projetista tem em mãos, quais os recursos que poderão ser utilizados.

Fabrício (2002) define que o desenvolvimento do projeto se dá a partir da sucessão de diferentes etapas de projeto em níveis crescente de detalhamento, de forma que a liberdade de decisões entre alternativas vai sendo substituída pelo amadurecimento e desenvolvimento das soluções adotadas, ao mesmo tempo em que o projeto caminha da concepção arquitetônica para o detalhamento dos projetos de especialidades.

Em relação a isso, Melhado (1994) cita que para uma eficiente produção na execução de um empreendimento, deve ser fornecido ao canteiro de obras um bom projeto, que contenha nível elevado de informações e detalhamento de atividades e materiais.

Com esse propósito, este trabalho sugere o questionamento: as informações e documentos dos projetos arquitetônico e estrutural fornecidas ao responsável pela execução da obra estão coerentes para o bom entendimento do executor responsável?

Dessa forma, o presente trabalho propõe a modelagem e a compatibilização dos projetos de arquitetura e estrutura de uma residência unifamiliar em plataforma BIM (*Building Information Modeling*).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo principal compatibilizar os Projetos Arquitetônico e Estrutural de uma edificação na plataforma BIM.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Executar a modelagem tridimensional do Projeto Arquitetônico da edificação utilizando o *software Revit Architecture*;
- Executar a modelagem tridimensional do Projeto Estrutural da edificação utilizando o *software Revit Structure*;
- Integrar os projetos em plataforma BIM em um único modelo da informação da construção;
- Detectar interferências físicas, inconsistências e incompatibilidades dos projetos;
- Estabelecer propostas para as inconformidades detectadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A complexidade na concepção de novos empreendimentos, a necessidade na redução de prazos e custos, bem como a garantia da qualidade final do produto, tem contribuído para a melhoria de todas as etapas da construção de uma obra.

No entanto, é notável a dificuldade na execução de Projetos Básicos, seja pela insuficiência de detalhamentos ou a falta de informações necessárias para a realização da obra. Desta forma, é estabelecido que a origem de possíveis falhas no desempenho final do edifício esteja inter-relacionada com a fase de planejamento e a confecção de projetos.

O setor da construção civil também está em busca de aperfeiçoamento proveniente da competitividade, exigindo dos profissionais um aprimoramento a

procura de eficiência tanto na fase de projeto quanto na fase de execução, buscando minimizar os gastos com retrabalho e desperdício e uma melhor qualificação dos empreendimentos.

Os empreendimentos da construção civil têm como característica um número grande de profissionais envolvidos, e as diferentes especialidades destes envolvidos traz ao todo uma variabilidade de informações e complexidade ao produto final. Atualmente, as edificações são estruturas complexas resultantes de um longo processo de projeto, planejamento e construção, com equipes de projetos multidisciplinares envolvendo a participação de vários agentes, em uma associação temporária.

Esta complexidade nos dias atuais exige novos procedimentos para viabilizar uma gestão integrada, neste contexto, entre as soluções para as empresas de construção civil, existem novos sistemas e fluxos de trabalho baseados em softwares integrados, capazes de trazer ganhos em todas as etapas do ciclo de um empreendimento. Para tanto a tecnologia BIM mostra-se capaz de trazer vários benefícios para a coordenação destes processos, uma importante ferramenta para o gerenciamento e aproveitamento pleno das informações. Esta tecnologia busca uma interoperabilidade total da informação, ou seja, não somente a criação da mesma, e sim o aproveitamento total destas, que devem estar contida em um único modelo.

Portanto, a relevância deste trabalho se baseia, no sentido de compatibilizar os projetos necessários para a execução de uma edificação, utilizando uma ferramenta capaz de reunir, integrar e interagir todas as informações em apenas um arquivo, onde todos os profissionais envolvidos possam acessá-lo e realizar modificações de maneira simultânea.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 CONCEITUAÇÃO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A NBR 5674 (1999 pag.02) cita: “projeto é descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de Engenharia ou de Arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e legais”.

Melhado (1994) também definiu projeto, como a atividade participante do sistema de construção, encarregado pelo desenvolvimento, ordenação, documentação e divulgação dos aspectos finais, físicos e tecnológicos, descritos e detalhados para a execução de uma obra.

Para Aldabó (2001), projeto é um processo de atividades e procedimentos bem estipulados quanto ao seu início e término. E é neste desenvolvimento das etapas que se apresentam estratégias para eficientes desempenhos do resultado final do produto (BERTEZINI, 2006).

Atualmente, diante da complexidade de novos empreendimentos, a fase de projetos é essencial para uma correta execução dos sistemas construtivos adotados e o eficiente desempenho final do edifício.

Dessa forma, a confecção do conjunto de projetos deve ser de elevado nível de detalhamento, tendo como princípios básicos a sistematização do trabalho no canteiro de obras, o aumento da produtividade, a utilização de recursos disponíveis e o controle da qualidade. (NOVAES, 1997).

Devido ao mercado competitivo e a globalização da informação, os usuários e as normas regulamentadoras se tornam cada vez mais exigentes quanto ao desempenho da edificação. Melhado (1994) cita que a responsabilidade com a qualidade na construção civil se tornou então, elemento essencial para garantia de comercialização de empreendimentos. A necessidade de atender as expectativas dos clientes através do produto final fornecido, portanto, vem determinando o crescimento dos mecanismos de controle.

Desta forma, qualidade é definida pela ISO (1986) sendo “a totalidade das propriedades e características de um produto ou serviço que lhe conferem capacidade de satisfazer necessidades explícitas ou implícitas”. Portanto, na

busca do eficiente desempenho na construção de edifícios, a evolução na confecção, desenvolvimento e interação entre projetos é de elevada importância.

Com o entendimento que qualidade dos projetos resulta em desempenho satisfatório do empreendimento (BERTEZINI, 2006), pode-se então aprimorar o processo construtivo do produto final através do aumento de detalhes dos projetos.

Fabrizio (2002) define que a concepção arquitetônica do produto, é de responsabilidade do projetista, e posteriormente a partir do projeto arquitetônico é realizado o desenvolvimento e integração dos projetos complementares. Essa etapa é classificada como elaboração do Projeto do Produto.

Para a maioria dos empreendimentos no subsetor Edificações, no que diz respeito aos resultados da etapa de projeto, estes, via de regra, resumem-se aos projetos do produto: de arquitetura, de estrutura e fundações, com relacionamentos e detalhes que dependem do grau de organização e de sistematização de procedimentos do conjunto dos agentes envolvidos, no âmbito da coordenação de projetos.

Martucci (1990) formula princípios a serem observados na elaboração dos projetos do produto:

- atendimento aos requisitos, condições e parâmetros dados pelas características regionais e pela capacidade tecnológica instalada;
- atendimento aos requisitos funcionais e ambientais;
- atendimento aos princípios de racionalização do produto quanto à sua redução: transportabilidade, padronização, modulação, normalização, etc.

2.1.1 Projeto Arquitetônico

Como parâmetro de desenvolvimento do projeto arquitetônico, a fundamentação teórica dos processos de elaboração de desenhos de arquitetura, deve ser adotada as condições especificadas por normas técnicas regulamentadoras. No Brasil, as normas vigentes utilizadas são a NBR 13531:1995 – Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas

(ABNT), e a NBR 13532:1995 – Elaboração de projetos de edificação – Arquitetura.

A qualidade de um projeto arquitetônico está conectada com a responsabilidade comprometida pelo projetista, onde o estudo é realizado a partir da funcionalidade do empreendimento, características e pré-dimensionamento arquitetônico da edificação (RAUBER, 2005).

A NBR 13531:1995 (ABNT) lista as etapas das atividades técnicas para elaboração do projeto de edificação:

- Levantamento (LV);
- Programa de necessidades (PN);
- Estudo de viabilidade (EV);
- Estudo preliminar (EP);
- Anteprojeto (AP);
- Projeto legal (PL);
- Projeto básico (PB);
- Projeto para execução (PE).

2.1.2 Projeto Estrutural

A concepção estrutural de um edifício é responsável pela definição no projeto de quais os elementos irão resistir os carregamentos de ações verticais e horizontais e transmiti-los a fundação (ACCETTI, 1998).

Accetti (1998) cita que o estudo da estrutura compreende todos os sistemas fundamentais à determinação dos esforços para as peças lineares, e das tensões para as demais peças, de forma que se consiga dimensionar todos os elementos da estrutura analisada.

Porém, a determinação de um sistema estrutural adequado para o bom desempenho da execução da obra e final do empreendimento envolve decisões de elevada importância. Correa (1991) lista algumas destas medidas a serem especificadas na fase de projetos:

- Compatibilizar o projeto estrutural com o projeto de arquitetura;
- Identificar as ações de carregamentos;
- Eleger os materiais a serem empregados;

- Arranjar de maneira eficiente os elementos estruturais.

A NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – procedimento (ABNT, 2014) define, no item 3.1.3, os elementos de concreto armado como: “aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência”.

2.2 COORDENAÇÃO DE PROJETOS

A coordenação de projetos é uma atividade de assistência ao desenvolvimento do projeto, com objetivo da interação de elementos construtivos e de decisões adotadas para os processos. Sua ênfase se trata em diretrizes apontadas em reuniões e com posterior elaboração de documentos de referência. Identificar incompatibilidades dos desenhos do edifício e estabelecer parâmetros de soluções, gerando assim pranchas executivas capazes de realizar a execução do empreendimento (MELHADO 1994, e PICORAL, 2000).

Melhado (1994) define que a qualidade do serviço de coordenação, é de elevada importância para o desempenho final do empreendimento. E que durante a evolução do projeto, em todas as etapas, devem-se estabelecer objetivos e parâmetros para solucionar problemas de interfaces entre projetos de maneira eficiente.

No entanto, o bom resultado da coordenação de projetos exige grande empenho de toda a equipe participante. O trabalho multidisciplinar da coordenação é garantir o progresso do projeto, eliminando falhas, dados incoerentes, falta de detalhamentos e incompatibilidades entre as fases de desenhos do projeto (MELHADO; SOUZA, 1997).

A Figura 1 abaixo ilustra uma possível solução para a equipe da coordenação de projetos.

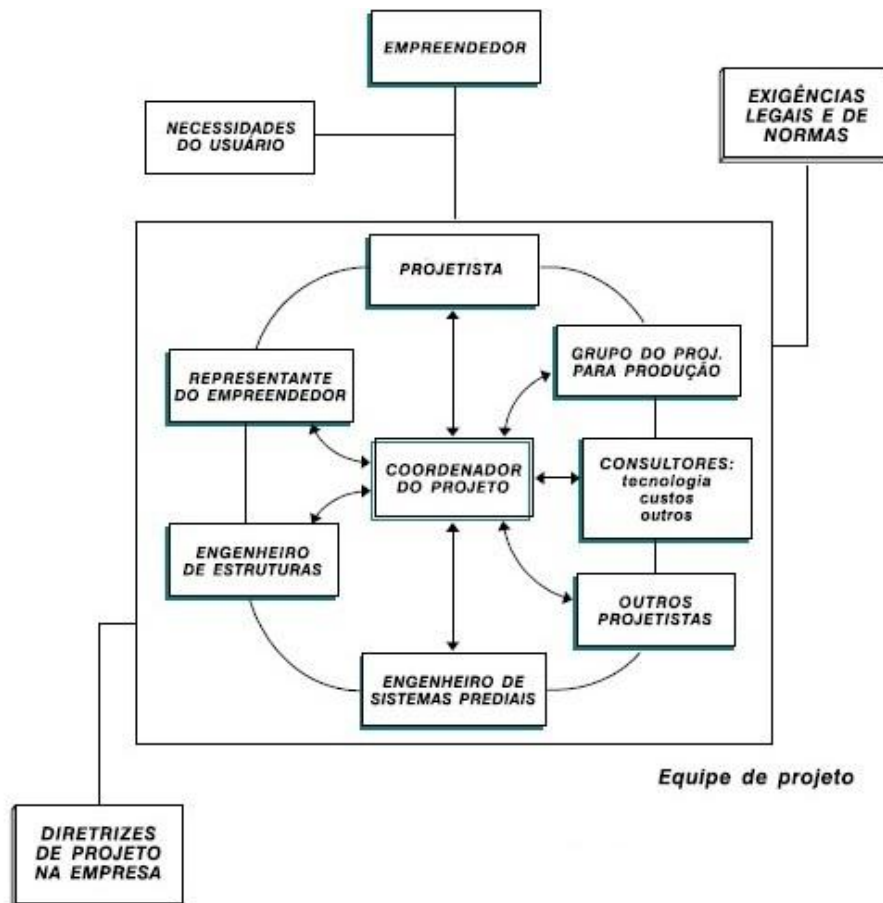


Figura 1: Proposta de estruturação para a equipe da coordenação de projetos
Fonte: Adaptado de Melhado (1994).

Bellan (2009) cita que coordenação de projetos vai além da compatibilização de projetos, realizando também, a análise de possibilidades do projeto. Quantificação de recursos disponíveis para execução do empreendimento, definindo em fase de projetos todos os sistemas adotados, e que atendam aos requisitos programáticos e técnicos do contratante.

No “Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos”, publicado pela Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projetos – AGESC (2006), o desenvolvimento de projeto é dividido em seis etapas:

- Concepção do produto;
- Definição do produto;
- Identificação e solução de interfaces do projeto;
- Detalhamento de projeto;
- Pós-entrega de projetos;

- Pós-entrega da obra.

2.2.1 Compatibilização

Tem se tornado comum, atualmente, a realização dos projetos da área da construção civil por mais de um projetista ou escritório mutuamente, fato que se deve ao grande aumento na demanda desses produtos. Porém, com essa setorização de trabalho também começaram a surgir grandes falhas e incompatibilidades no sistema final. Além disso, com o aumento da complexidade dos projetos visados, foi se tornando necessário o uso de sistemas que complementassem e auxiliassem no seu desenvolvimento.

Para solucionar e minimizar esses erros, a integração de projeto surgiu de forma útil e segura. A compatibilização é descrita como particularidade do projeto, em que os variados elementos de construção e instalações da obra não conflitam, e também, que se relacionem e possuam informações compartilhadas para a execução do projeto e do edifício (Graziano, 2003).

Portanto, a compatibilidade de projetos é a ação que os torna compatíveis, viabilizando sistemas construtivos integrados entre os diversos serviços de todas as etapas de uma obra (Mikaldo; Scheer, 2008).

Para Rodriguez e Heineck (2001, apud Mikaldo; Scheer, 2008), a compatibilização deve ser realizada em todas as etapas do projeto, elaborando integração em todas as incompatibilidades e interferências entre os processos construtivos. Os autores aconselham que a compatibilização seja mais efetiva quando realizada a partir dos estudos preliminares de projeto pois é onde se encontra maior flexibilidade de mudança e opções de alteração.

De maneira geral, a compatibilização de projetos é o procedimento em sobrepor todas as pranchas de desenho e verificar as interferências, para posteriormente em reuniões, entre projetistas e coordenador, adotar soluções possíveis (Picchi, 1993).

A sobreposição e a sequência de compatibilização podem ser realizadas de inúmeras formas. Porém, conforme cita Melhado (1994), a mais eficiente é quando o coordenador de projetos a realiza de modo ordenado, e acumulativo, conforme apresenta a figura 2:



Figura 2: Sequência de compatibilização
Fonte: Autoria própria (2017).

No desenvolvimento de projetos, a compatibilização se tornou uma ferramenta de fundamental importância, pois ela permitiu a detecção e eliminação de problemas de acordo com Ávila (2001). Com essa previsão de eventuais erros se tornou possível diminuir conflitos e retrabalho durante a execução da obra, e, conseqüentemente, os custos e prazos de entrega se tornaram menores, o que acarreta um aumento significativo de produtividade da empresa.

2.2.2 BIM

Building Information Modelin (BIM) é um modelo digital composto por um banco de informações digitais que pode ser utilizado em todas as etapas da construção civil, desde a fase do projeto e demolição até o acompanhamento e finalização da obra. São representações gráficas e modelagens em desenho assistido por computador, de forma a aumentar a produtividade e desempenho do processo na elaboração de projetos.

BIM é uma plataforma constituída por modelos de projetos em 3D, e que pode armazenar dados específicos do produto e da execução deste, desde a fase de confecção e planejamento, seguido pela etapa da operação de construção (FERREIRA, 2015).

Trata-se de sistemas computacionais, onde existe a possibilidade da construção do empreendimento em plataforma virtual, e todos os elementos necessários para execução.

Conforme explica Rendeiro (2013), o BIM é a união de todos os projetos em uma única modelagem, onde possa ser analisada a compatibilização dos mesmos de forma integrada e interativa. A plataforma ainda permite um maior detalhamento do projeto, diminuindo e prevendo problemas e falhas, pois, nas

pranchas e softwares em 2D muitos desses erros ficam omitidos e só irão aparecer na fase da construção.

A figura 3 apresenta a estruturação de atividade da plataforma BIM, realizando a integração de todos os modelos de desenho suficientes para o desenvolvimento do projeto de produto.

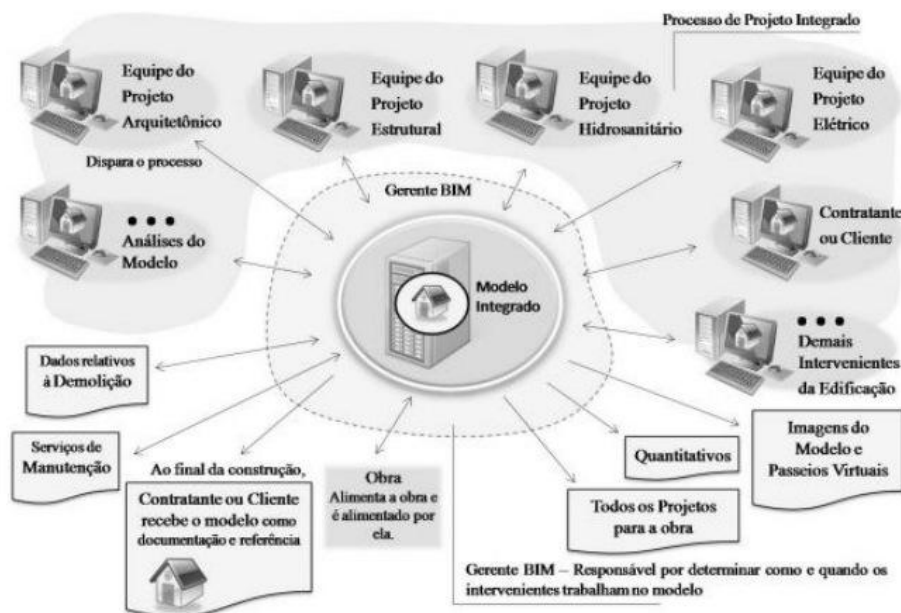


Figura 3: Esquema de funcionamento da plataforma BIM
Fonte: Revista Téchne (out/2007).

Segundo Kymmel (2008), com o uso de sistemas 3D, o projeto passa a ser facilmente entendido e acessível a todos sem a necessidade de se conhecer as representações e simbologias que eram usadas em outras plataformas. O cliente passa então a entender melhor o projeto, o que permite eventuais adequações de acordo com suas necessidades e escolhas.

De forma complementar, nota-se que a plataforma possibilita aos projetistas o controle do ciclo de vida do empreendimento em tempo real, também permite o armazenamento de tabelas e de dados do projeto em um único modelo, podendo ser acessado e alterado por todos os membros do processo de realização do projeto, mantendo assim os arquivos e informações sempre atualizados.

O sistema BIM ainda é considerado recente e por isso o número de profissionais que estão utilizando-o ainda é restrito e sua metodologia se atualiza e vem acompanhando e se adaptando as transformações tecnológicas do momento. Portanto, a plataforma BIM se diferencia por sua facilidade de

comunicação, transmissão e divulgação de informações entre projetos e projetistas. Redução de inconformidades e erros em desenhos, se tornando assim uma ferramenta de elevado desempenho para a fabricação de projetos e posteriormente a facilidade na execução da obra.

3 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho compreende-se na produção de um problema, coleta de informações e a identificação e grau de vínculo entre todos os elementos, que devem ser fundamentadas em teorias bibliográficas, no conceito de ciência e pesquisa (GIL, 2002).

Gil (2002) também classifica pesquisa pelos objetivos em explicativa, pois o estudo abrange uma análise bibliográfica e elaboração de caso. Caracterizando-se o desenvolvimento, conhecimento e detalhamento do estudo de um projeto.

Portanto, o presente trabalho é classificado de acordo com os métodos técnicos empregados em estudos de caso, no qual será realizada de modo geral a compatibilização do Projeto Arquitetônico e Projeto Estrutural de um edifício.

3.1 ETAPAS DA METODOLOGIA

O presente trabalho tem como objetivo de pesquisa, a compatibilização do Projeto Arquitetônico e Projeto Estrutural de uma edificação. Para o desenvolvimento deste trabalho, serão empregadas e adotadas normas da ABNT:

- NBR 6118 – 2014 Projetos de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 13531 – 1995 Elaboração de projetos de edificações – Atividades Técnicas;
- NBR 13532 – 1995 Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura;
- NBR 15575 – 2013 Desempenho em edificações.

3.1.1 Análise dos Projetos

Em primeira fase, foi realizada a coleta e análise dos projetos de Arquitetura e Estrutura. Com informações prescritas no quadro 1, e quadro 2,

verificando a existência de pranchas necessárias para a execução e se obter um nível mínimo de projeto estabelecido pela ABNT NBR 15.575:2013 – Desempenho em edificações.

Quadro 1: Pranchas necessárias para Projeto Arquitetônico

Arquitetura
Planta de situação
Planta de implantação
Plantas baixas
Cortes
Fachadas

Fonte: NBR 15.575:2013

Quadro 2: Pranchas necessárias para Projeto Estrutural

Estrutura
Planta de locação
Planta de fôrmas
Detalhamento de vigas
Detalhamento de pilares

Fonte: NBR 15.575:2013

3.1.2 Modelagem dos Projetos em BIM

Nesta etapa, foi utilizado o Autodesk Revit 2017, como ferramenta para a modelagem gráfica em BIM. O Projeto Arquitetônico foi o primeiro a contribuir para a construção de informações de projeto na plataforma gráfica 3D, sendo em seguida, realizada a expressão do Projeto Estrutural.

Está fase do trabalho, é de alta importância, pois, para que se tenha um nível de desempenho elevado do projeto, é necessário que existam informações globais sobre as características da obra a ser executada.

3.1.3 Compatibilização dos Projetos

A compatibilização dos projetos realizou-se de maneira a identificar as falhas das interfaces dos projetos:

- a) De forma visual, onde se analisou os conflitos entre elementos arquitetônicos e estruturais, através da sobreposição dos projetos em 3D no *Autodesk Revit Building*. O quadro 3 fornece dados de quais

elementos foram examinados quanto a suas inconsistências, incompatibilidades e conflitos de projetos.

Quadro 3: Elementos a se compatibilizar

Arquitetura	Estrutura				
	Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Elementos Específicos
Paredes	x	x		x	x
Portas	x	x	x	x	x
Janelas	x	x		x	x
Pisos	x		x	x	x
Forro	x		x	x	x
Elementos Específicos	x	x	x	x	x

Fonte: Autoria Própria (2017).

Também se realizou a verificação dimensional, para a localização de possíveis erros dos projetos. O quadro 4 relaciona os dados que foram examinados.

Quadro 4: Conferência de informações

Arquitetura	Estrutura			
	Dimensões	Medidas	Cotas	Níveis
Dimensões	x	x	x	x
Medidas	x	x	x	x
Cotas	x	x	x	x
Níveis	x	x	x	x

Fonte: Autoria Própria (2017).

Após a sobreposição dos desenhos em 3D, e verificação das incompatibilidades, os erros foram tabelados e gerados códigos das inconformidades localizadas no edifício.

3.2 SOFTWARES EMPREGADOS

Os *softwares* que foram empregados nesse trabalho, pertencem a uma única empresa, *Autodesk*, que os disponibiliza para a comercialização, e no caso da elaboração desta pesquisa, de forma uma licença estudantil. Pelo fator desses programas pertencerem a esta empresa e se tratarem de um pacote de softwares, serão utilizados no desenvolvimento da análise, pois suas plataformas e extensões de arquivos gerados são totalmente compatíveis.

- *Autodesk REVIT™ 2017*: Este programa será utilizado para a modelagem gráfica 3D dos projetos analisados. Foi desenvolvido para a utilização do método BIM, incluindo recursos de arquitetura e engenharia de estrutura.
- *Autodesk AutoCAD™ 2016*: Este software, também comercializado e fornecido pela Autodesk, permite aos projetistas a expressão gráfica dos projetos de forma mais objetiva e simples.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação do objeto de estudo se trata de uma residência unifamiliar, localizada na cidade de Pato Branco, Bairro São Luis, Rua Octaviano Marcante esquina com Rua Leudir Viganó, quadra 1434, lote 09. A figura 4 ilustra a situação em que o lote se encontra com relação à quadra.

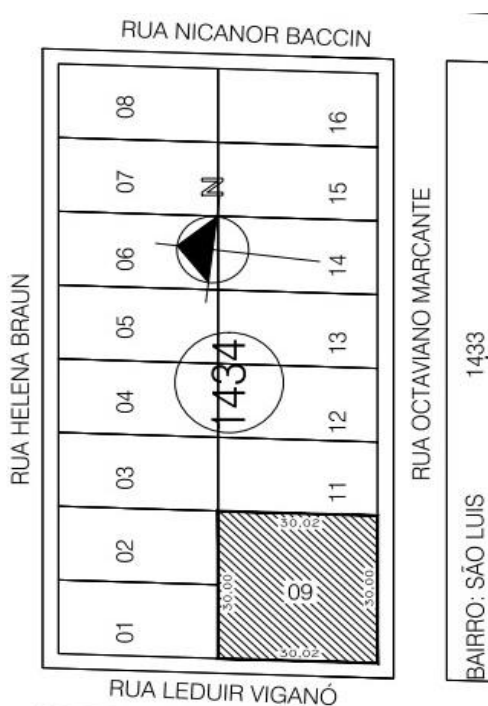


Figura 4: Planta de situação
Fonte: Projeto Arquitetônico (2017).

A obra possui dois pavimentos para uso dos habitantes, sendo eles, Pavimento Inferior e Superior, totalizando 460,27 metros quadrados de área construída.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PROJETOS

4.2.1 Projeto Arquitetônico

A elaboração da arquitetura da residência foi planejada por um arquiteto, que dispôs os ambientes divididos em dois pavimentos, inferior e superior. Contando o primeiro pavimento com área de 143,84 metros quadrados, sendo que este será utilizado para circulação e serviços gerais. A figura 5, fornecida pelo projetista, representa a planta baixa do pavimento.

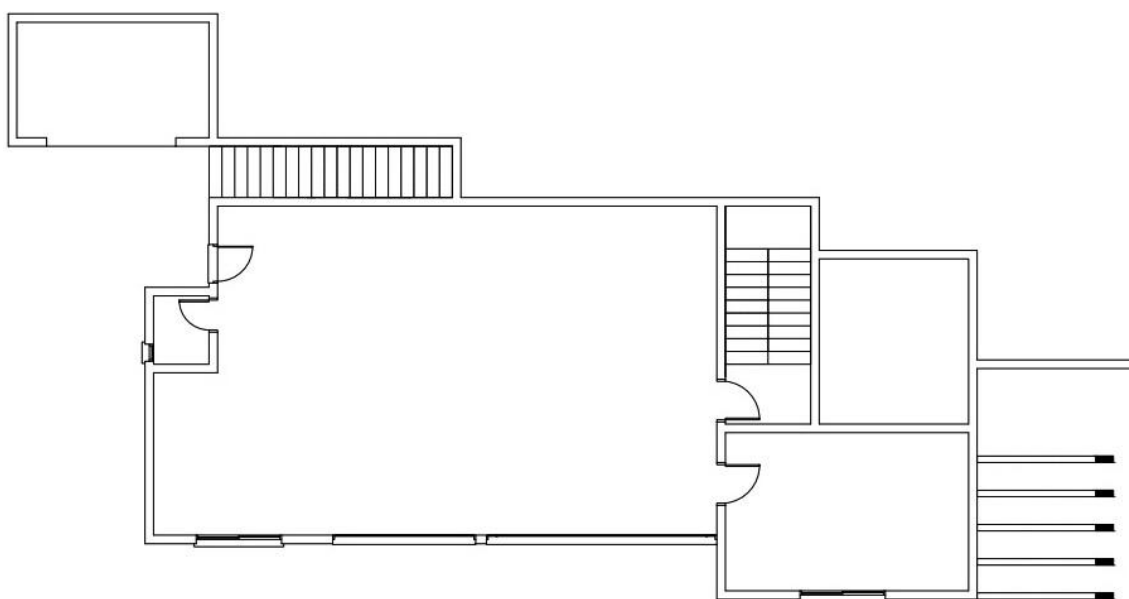


Figura 5: Planta baixa Pavimento inferior
Fonte: Projeto Arquitetônico (2017).

O pavimento superior, ilustrado na figura 6, contém a área íntima e social da residência. E na sequência, as figuras 7, 8 e 9, consistem em representar os desenhos do projeto arquitetônico.

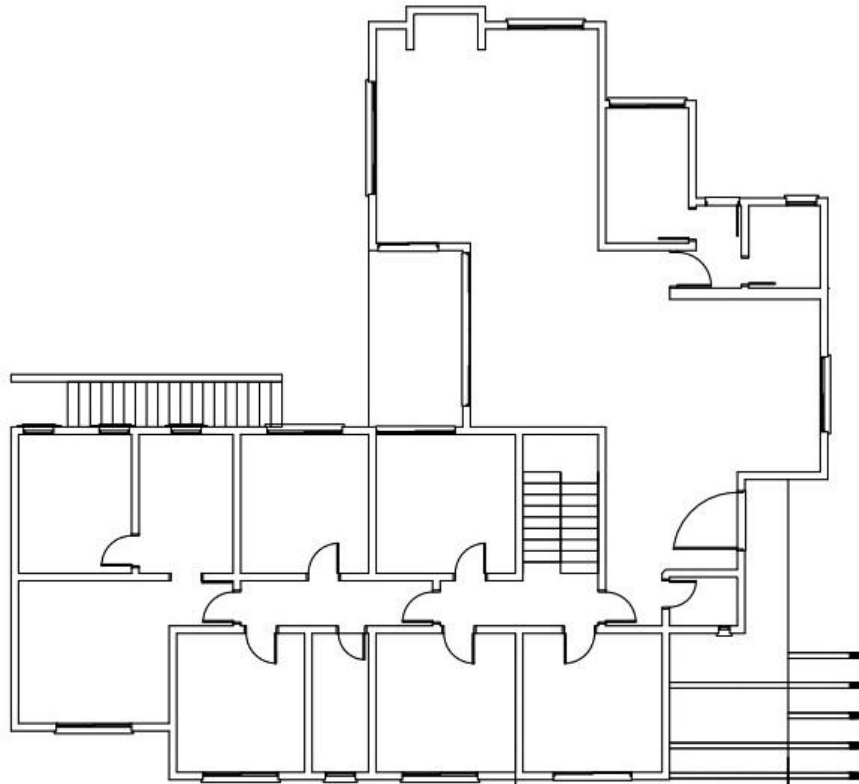


Figura 6: Planta baixa Pavimento superior
Fonte: Projeto Arquitetônico (2017)

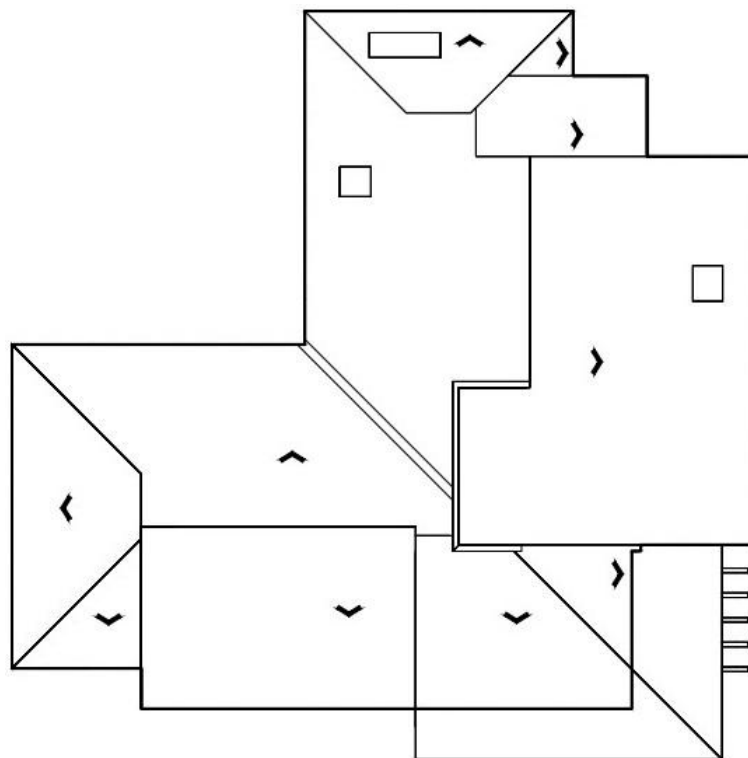


Figura 7: Planta de Cobertura
Fonte: Projeto Arquitetônico (2017)

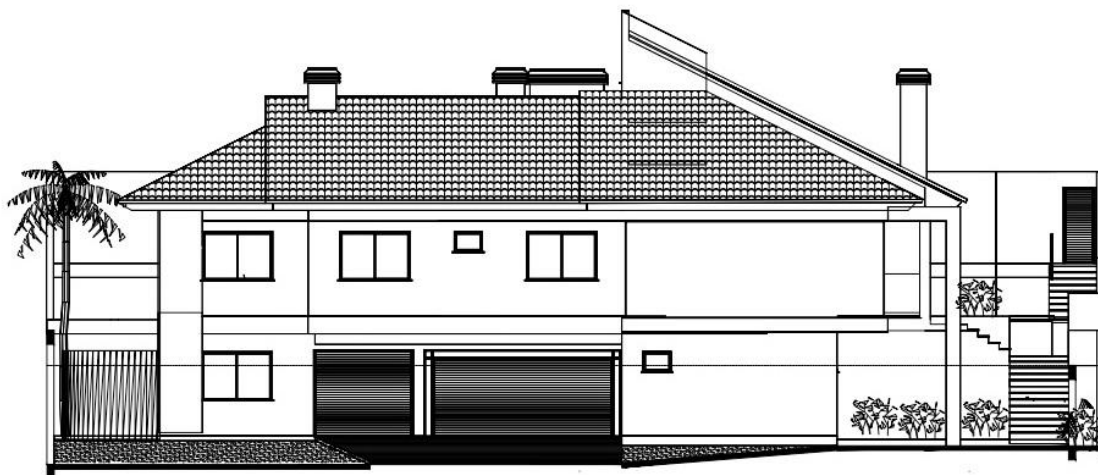


Figura 8: Fachada Oeste
Fonte: Projeto Arquitetônico (2017)

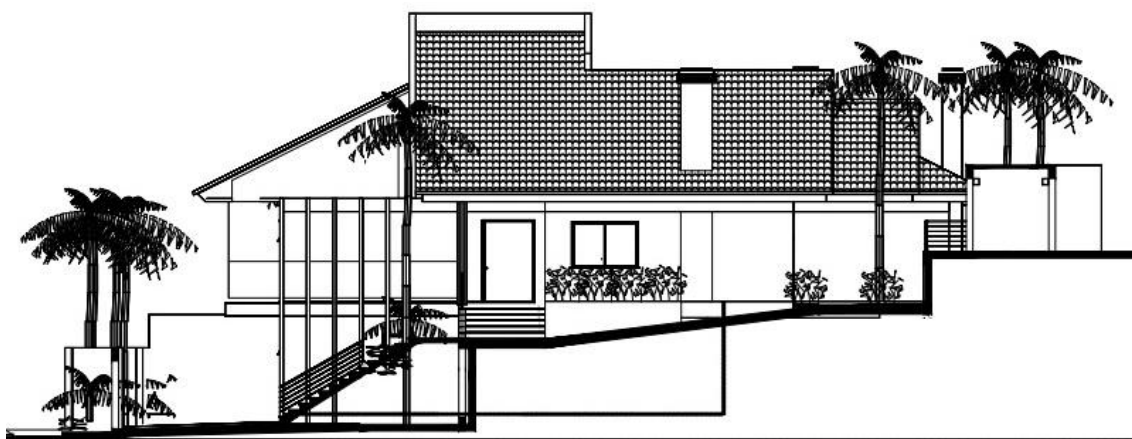


Figura 9: Fachada Leste
Fonte: Projeto Arquitetônico (2017)

4.2.2 Projeto Estrutural

A estrutura definida para a execução do empreendimento é em concreto armado, com barras de aço CA-50 E CA-60, que variam de 5,0 mm a 16,0 mm. E resistência característica à compressão do concreto utilizado para a realização da obra é estabelecida em 25 Mpa.

O projeto foi elaborado com base em informações do projeto de arquitetura, sendo estabelecido o sistema estrutural constituído por lajes, vigas, pilares, blocos de coroamento e estacas. A figura 10 apresenta a planta de locação da fundação, demarcando a localização de cada elemento, e

enquadrando dados sobre a dimensão e quantidade dos blocos de coroamento e diâmetro das estacas com suas respectivas cargas solicitadas.

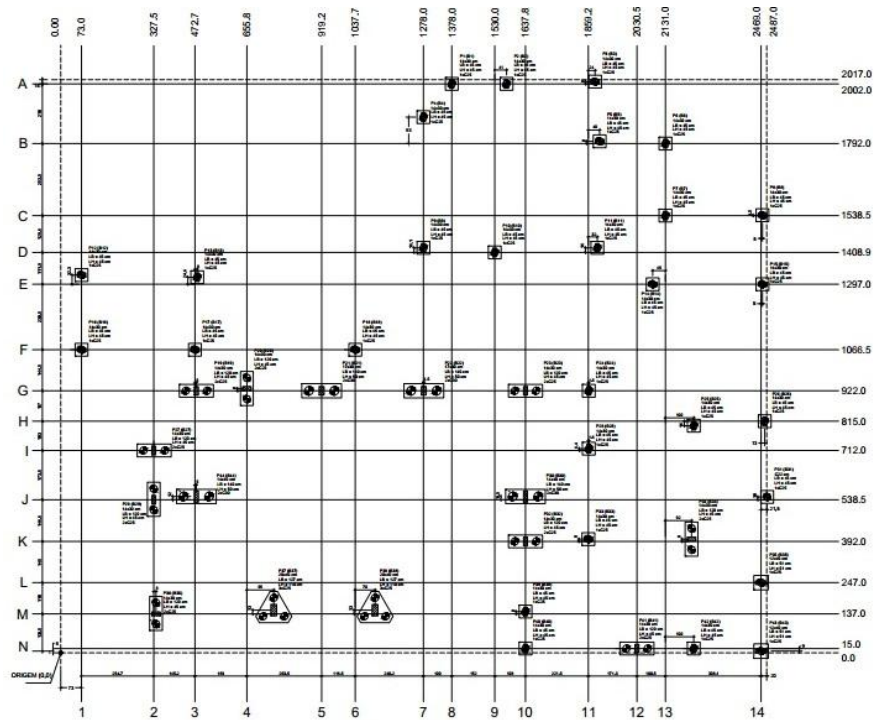


Figura 10: Planta de localização
Fonte: Projeto Estrutural (2017)

Na etapa de confecção do projeto da obra, a superestrutura foi dividida em quatro níveis, a fim de se adequar a imposição arquitetônica da edificação e o terreno a qual está locada. A figura 11 mostra o primeiro nível solucionado, Pavimento Garagem, estando este, a uma elevação de 100 cm de marco zero do terreno, localizado em uma de suas arestas.

Construindo a sequência ilustrativa, a figura 13, contém informações sobre o terceiro nível, com elevação de 750 cm e têm como objetivo suportar cargas da cobertura, em conjunto com o quarto nível situado a 940 cm de altura, expressado na figura 14, que serve para o fechamento da cobertura.

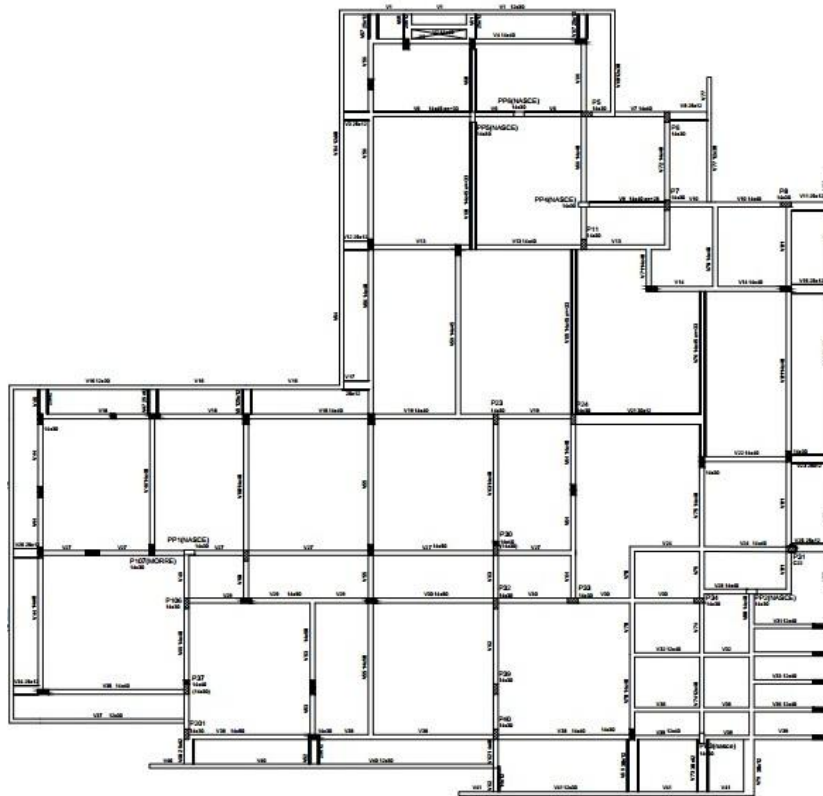


Figura 13: Fôrmas do Pavimento Cobertura
Fonte: Projeto Estrutural (2017)

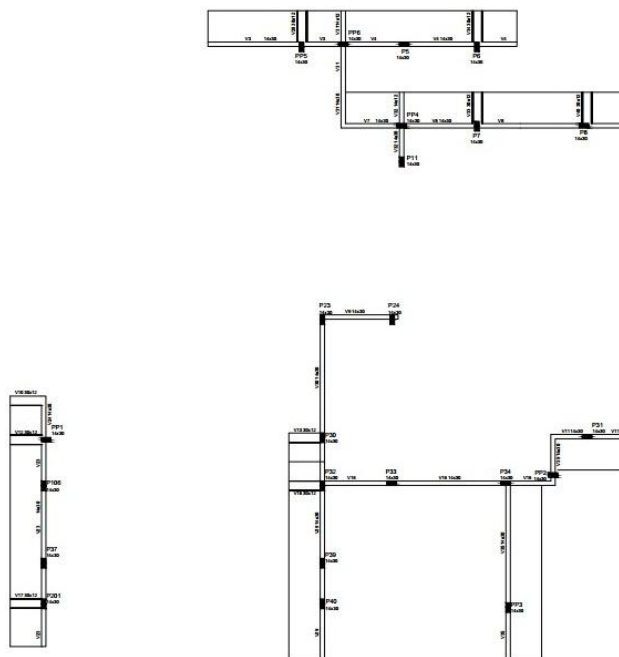


Figura 14: Fôrmas do Pavimento Platibanda
Fonte: Projeto Estrutural (2017)

As pranchas do projeto da estrutura também contêm informações sobre a quantidade de aços e seus respectivos comprimentos, dados estes necessários para a execução dos elementos estruturais.

4.3 MODELAGEM DOS PROJETOS NA PLATAFORMA BIM

Após a coleta e caracterização dos projetos fornecidos pelos projetistas, a próxima etapa deste trabalho foi modelar os projetos em software de plataforma tridimensional, onde as informações obtidas nos desenhos em duas dimensões servissem como suporte para a execução da edificação que posteriormente passará por uma análise de conflitos e inconsistências.

A plataforma BIM destaca-se por parametrizar as informações, permitindo a criação do modelo virtual com características similares ao modelo real, possibilitando a alteração da representação de maneira fácil e rápida. O projeto nesta plataforma não é um simples desenho composto por linhas, e sim um modelo composto por dimensões, proporções e formas baseadas em parâmetros e hierarquias.

O mesmo modelo apresenta ainda um extenso banco de dados englobando as características, atributos e especificações do projeto, elementos inseridos de maneira simultânea durante o seu desenvolvimento.

4.3.1 Projeto Arquitetônico

A modelagem arquitetônica é relevante para o método, pois é o modelo que contém informações a serem utilizadas para os modelos de outras disciplinas, neste caso da disciplina estrutural. Para tal modelagem ser confiante no mérito de suas informações, é importante que sejam atribuídas estas informações a um nível de detalhe o mais profundo possível, para este estudo de caso, o projeto arquitetônico é o responsável por conter estas informações a serem atribuídas na modelagem. A figura 15 demonstra o modelo arquitetônico, em uma vista 3D.



Figura 15: Modelo Arquitetônico (Vista 3D)
Fonte: Autoria Própria - Extraído do software Revit (2017)

Este modelo foi gerado a partir de informações contidas nas plantas, cortes e elevações do projeto arquitetônico, estas informações sendo representações gráficas dos elementos dispostos em um plano (x,y) e em cota (z). A figura 16 apresenta a edificação em outro ângulo da vista 3D, para o melhor entendimento da arquitetura da residência.

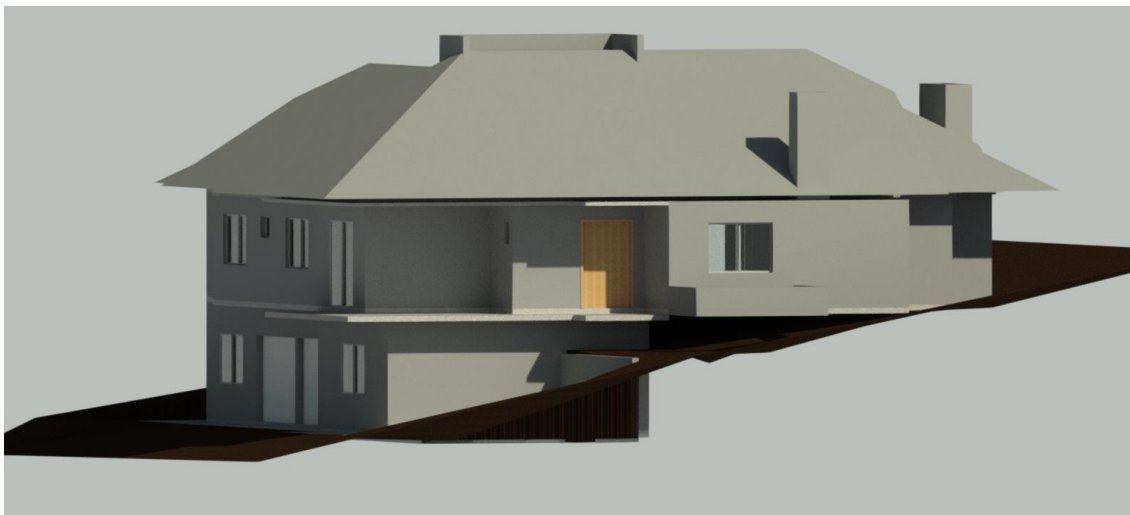


Figura 16: Modelo Arquitetônico (Vista 3D)
Fonte: Autoria Própria - Extraído do software Revit Architecture (2017)

Ao finalizar a construção da informação no *Revit Architecture*, pode-se compreender de forma mais eficiente às características da edificação e também conquistando o resultado do objetivo secundário proposto, podendo assim se obter uma visão mais clara da residência no desenho virtual.

4.3.2 Projeto Estrutural

Após a realização da simulação da residência em software BIM, a etapa seguinte foi à modelagem da estrutura, que serve como suporte das cargas de paredes, janelas, uso e ocupação, entre outros. As pranchas responsáveis pela execução do projeto estrutural também foram fornecidas em plataforma CAD, contendo informações sobre materiais empregados, seções dos elementos e elevações do esqueleto. O desenho em plataforma virtual permitiu total entendimento das disposições geométricas de cada componente que forma o conjunto, pois o mesmo se tratava de grande complexidade, por possuir vasta quantidade de componentes com seções diferentes. Outros aspectos que tornaram o projeto de altíssima relevância foram às diferenças entre as elevações do terreno, e as imposições arquitetônicas expressadas. As figuras 17 e 18 apresentam a estrutura modelada em vista tridimensional, porém, em perspectivas distintas.

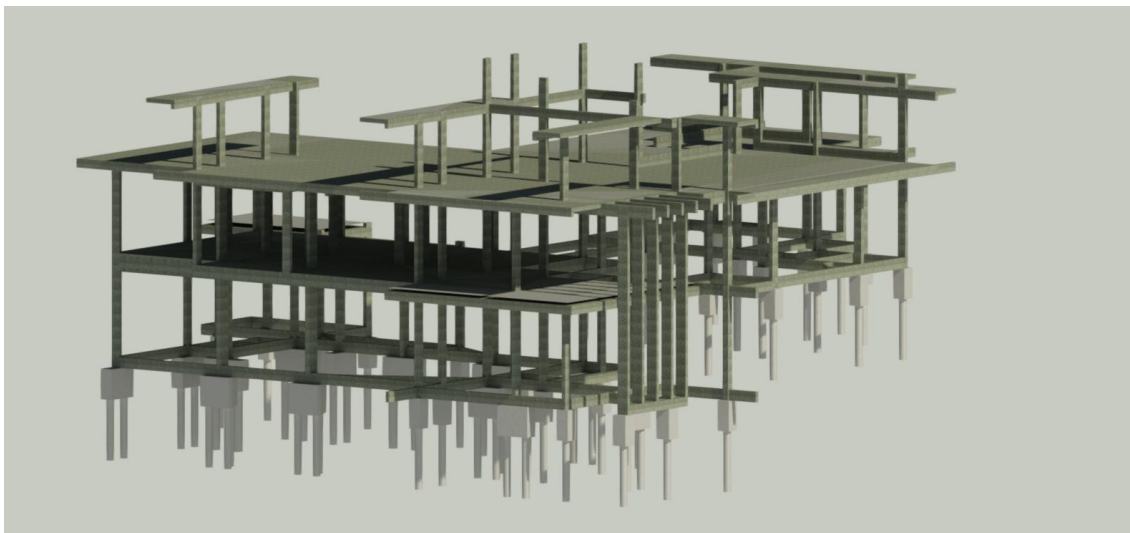


Figura 17: Modelo Estrutural (Vista 3D)
Fonte: Autoria própria - Extraído do software Revit Structure (2017)

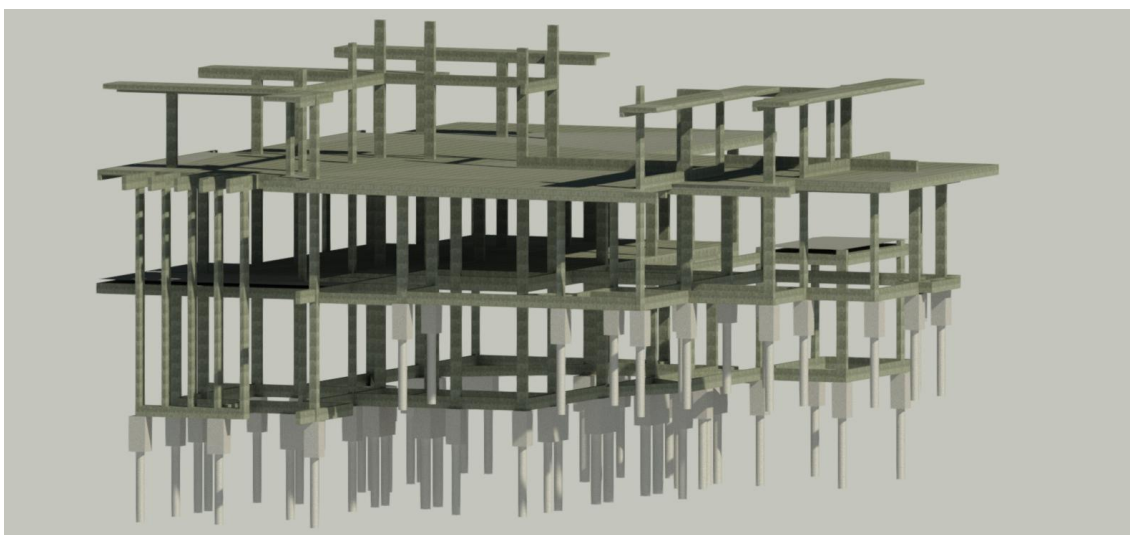


Figura 18: Modelo Estrutural (Vista 3D)
Fonte: Autoria própria - Extraído do software Revit Structure (2017)

Nesta etapa foram notadas inconsistências no projeto, falhas em cotas e falta de informações relevantes para o bom entendimento do executor. No entanto, a incompatibilidade dos elementos estruturais serviu para demonstrar a necessidade e a valorização desta fase no trabalho, que tinha como propósito a construção da informação da estrutura para melhor percepção do conjunto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO

As incompatibilidades são geradas pelas interferências físicas analisadas durante o processo de compatibilização entre os projetos. Com o auxílio do software *Autodesk Revit*, modelador de projetos em 3D, o aumento na percepção dos conflitos entre elementos arquitetônicos e estruturais têm elevado rendimento, pois permite uma melhor visualização espacial dos desenhos e desempenho na detecção de inconsistências.

5.1.1 Compatibilização Arquitetura x Arquitetura

Após a modelagem do Projeto Arquitetônico na plataforma BIM, a primeira fase para a geração do produto final analisado, foi à execução da adequação de elementos e informações pertinentes para a residência. O quadro 5 apresenta e conclui que não houve muitos erros nesta fase de elaboração.

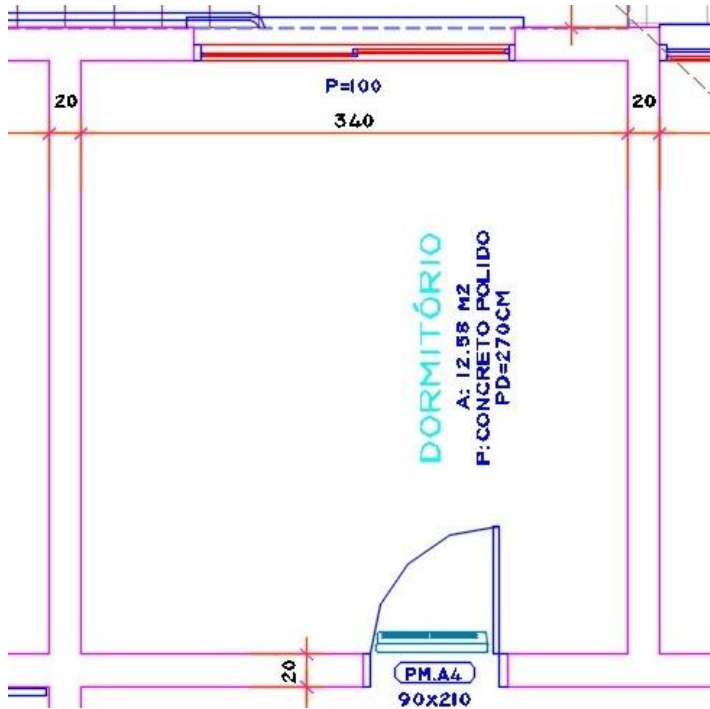
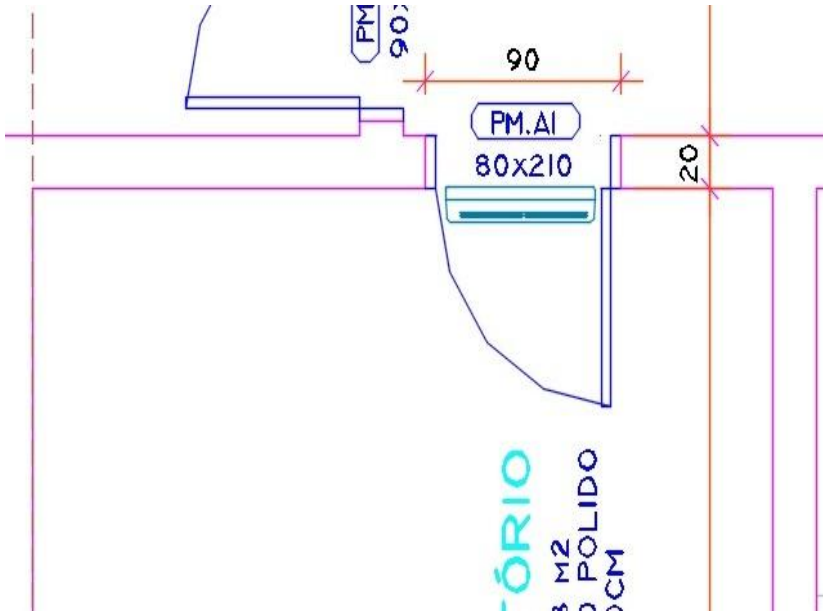
Quadro 5: Inconformidades localizadas no Projeto Arquitetônico

CÓDIGO	ARQUITETURA	ARQUITETURA	TIPO DE FALHA	DESCRIÇÃO
1	Porta	Alvenaria	Inconsistência	Ausência de cota
2	Porta	Porta	Inconsistência	Informações incompatíveis

Fonte: Autoria Própria (2017)

O quadro 6 expressa as imagens das inconformidades localizadas no projeto de arquitetura. Seus códigos são respectivos aos do quadro 5, e se relacionam para demonstração dos erros.

Quadro 6: Ilustrações das inconformidades da Arquitetura

CÓDIGO	ILUSTRAÇÃO DA FALHA
1	 <p>DORMITÓRIO A: 12.58 M2 F: CONCRETO POLIDO PD=270CM</p> <p>PM.A4 90x210</p>
2	 <p>PM.A1 80x210</p> <p>DORMITÓRIO A: 12.58 M2 F: CONCRETO POLIDO PD=270CM</p>

Fonte: Autoria Própria – Extraído do Software Revit (2017)

5.1.2 Compatibilização Estrutura x Estrutura

A segunda etapa para obter o produto final deste trabalho, se baseou em compatibilizar elementos e informações da estrutura da edificação. O quadro 7 descreve os erros localizados.

Quadro 7: Inconformidades localizadas no Projeto Estrutural

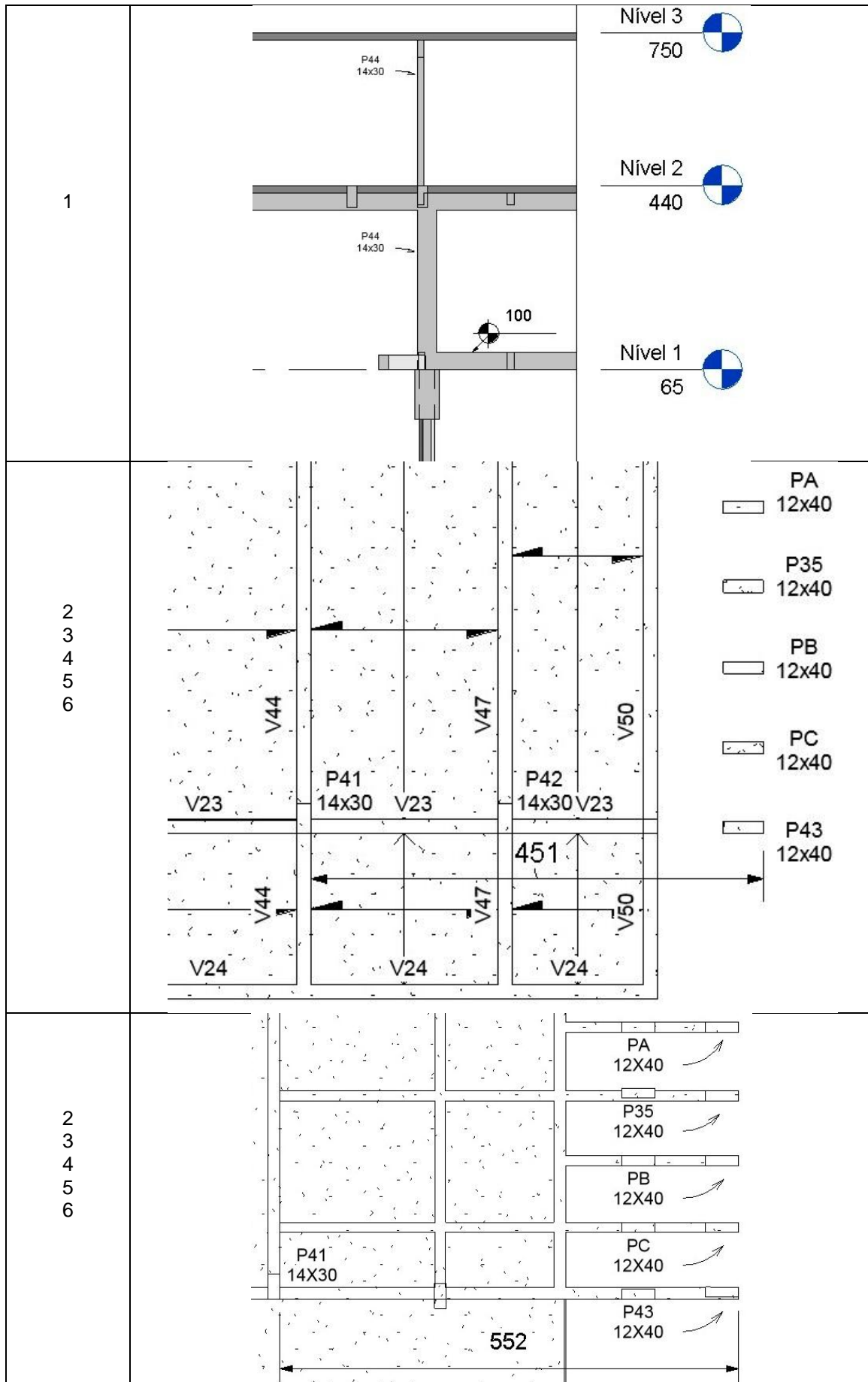
CÓDIGO	ESTRUTURA	ESTRUTURA	TIPO DE FALHA	DESCRIÇÃO	Níveis
1	Pilar 44	Pilar 44	Incompatibilidade	Pilar com direção alterada	Baldrame Térreo
2	Pilar A	Pilar A	Incompatibilidade	Pilar com posicionamento incompatível	Cobertura Térreo Baldrame
3	Pilar 35	Pilar 35	Incompatibilidade	Pilar com posicionamento incompatível	Cobertura Térreo Baldrame
4	Pilar B	Pilar B	Incompatibilidade	Pilar com posicionamento incompatível	Cobertura Térreo Baldrame
5	Pilar C	Pilar C	Incompatibilidade	Pilar com posicionamento incompatível	Cobertura Térreo Baldrame
6	Pilar 43	Pilar 43	Incompatibilidade	Pilar com posicionamento incompatível	Cobertura Térreo Baldrame

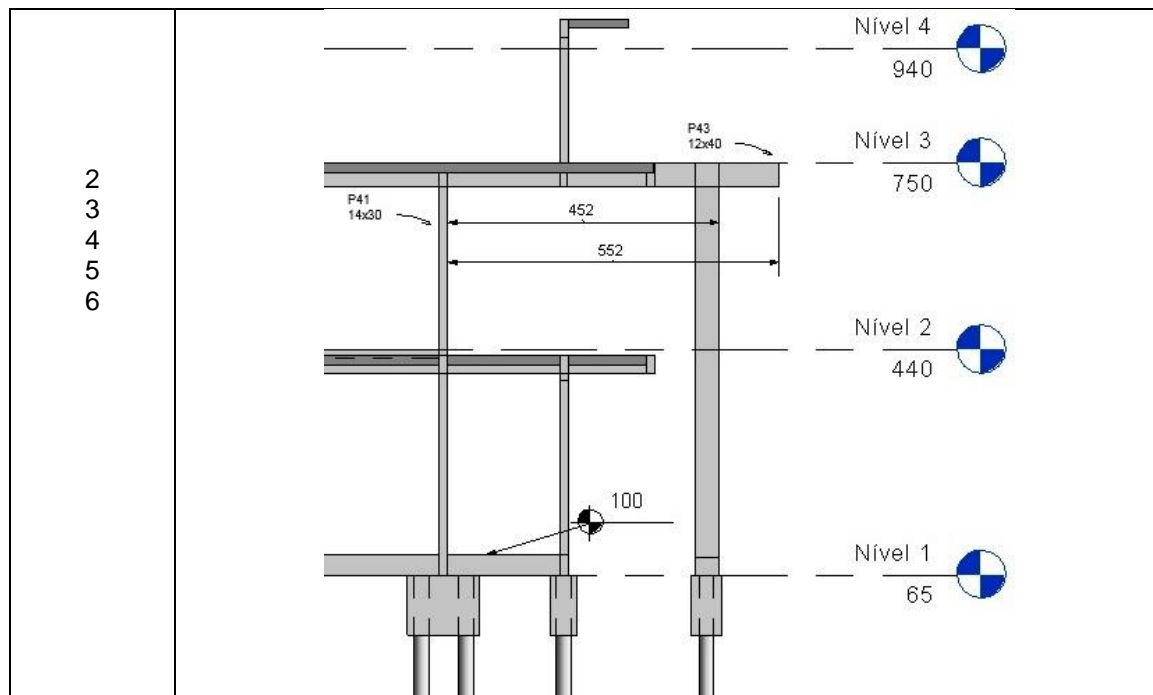
Fonte: Autoria Própria (2017)

As falhas localizadas no projeto estrutural foram salvas em imagens, gerando o código para cada respectiva inconformidade, e estão expressas no quadro 8.

Quadro 8: Ilustrações das inconformidades da Estrutura

CÓDIGO	ILUSTRAÇÕES DAS FALHAS
1	





Fonte: Autoria Própria – Extraído do Software Revit (2017)

5.1.3 Compatibilização Arquitetura x Estrutura

Com o auxílio da ferramenta de Gerenciar Projetos, disponibilizada pelo software *Revit Building*, podem-se gerar vínculos com os modelos arquitetônico e estrutural, que se baseia em realizar a importação de arquivo digital em mesmo formato, possibilitando a alteração dos desenhos de forma simultânea.

1. Nível: Pavimento Baldrame

A figura 19 demonstra o primeiro nível que foi analisado, a disposição arquitetônica das paredes, portas, janelas e pisos. Também é possível perceber a sobreposição dos elementos estruturais: vigas e pilares.

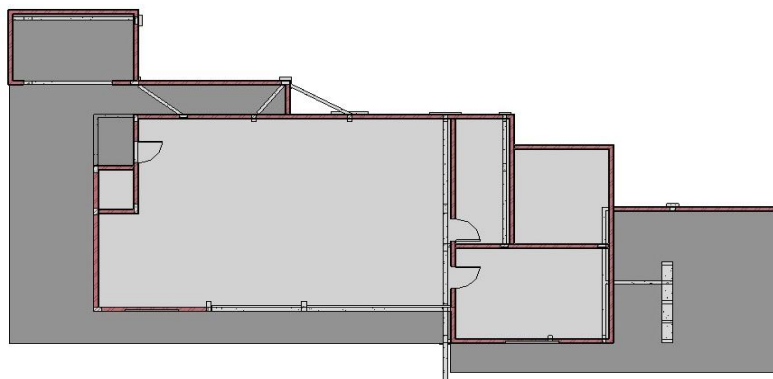


Figura 19: Pavimento baldrame a compatibilizar
Fonte: Autoria Própria - Extraído do Software Revit Building (2017)

Após a sobreposição dos arquivos virtuais, notaram-se as incompatibilidades, conflitos e inconsistências nos projetos utilizados para a execução da residência, o que ficou mais perceptível em uma vista isometria da edificação, como apresenta a figura 20.

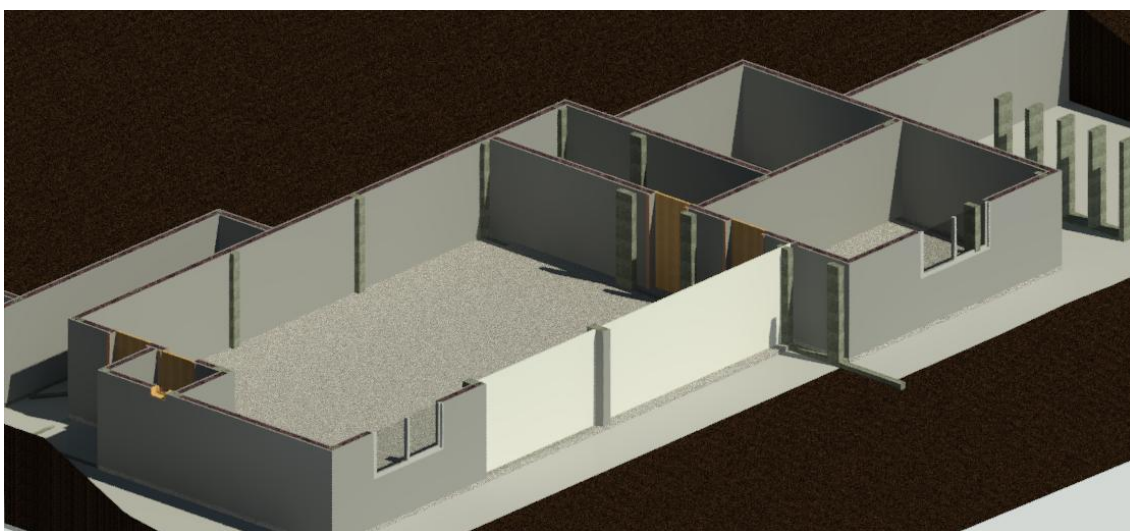


Figura 20: Pavimento Baldrame (Vista isométrica)
Fonte: Autoria própria – Extraído do Software Revit Building (2017)

Portanto, no prosseguimento deste trabalho, todas as inconformidades localizadas e elementos incompatíveis serão listados no quadro 9.

Quadro 9: Inconformidades localizadas no Pav. Baldrame

CÓDIGO	ESTRUTURA	ARQUITETURA	TIPO DE FALHA	DESCRIÇÃO
1	Viga 12	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com menor comprimento
2	Pilar 39	Porta Garagem	Conflito	Pilar com posicionamento incompatível

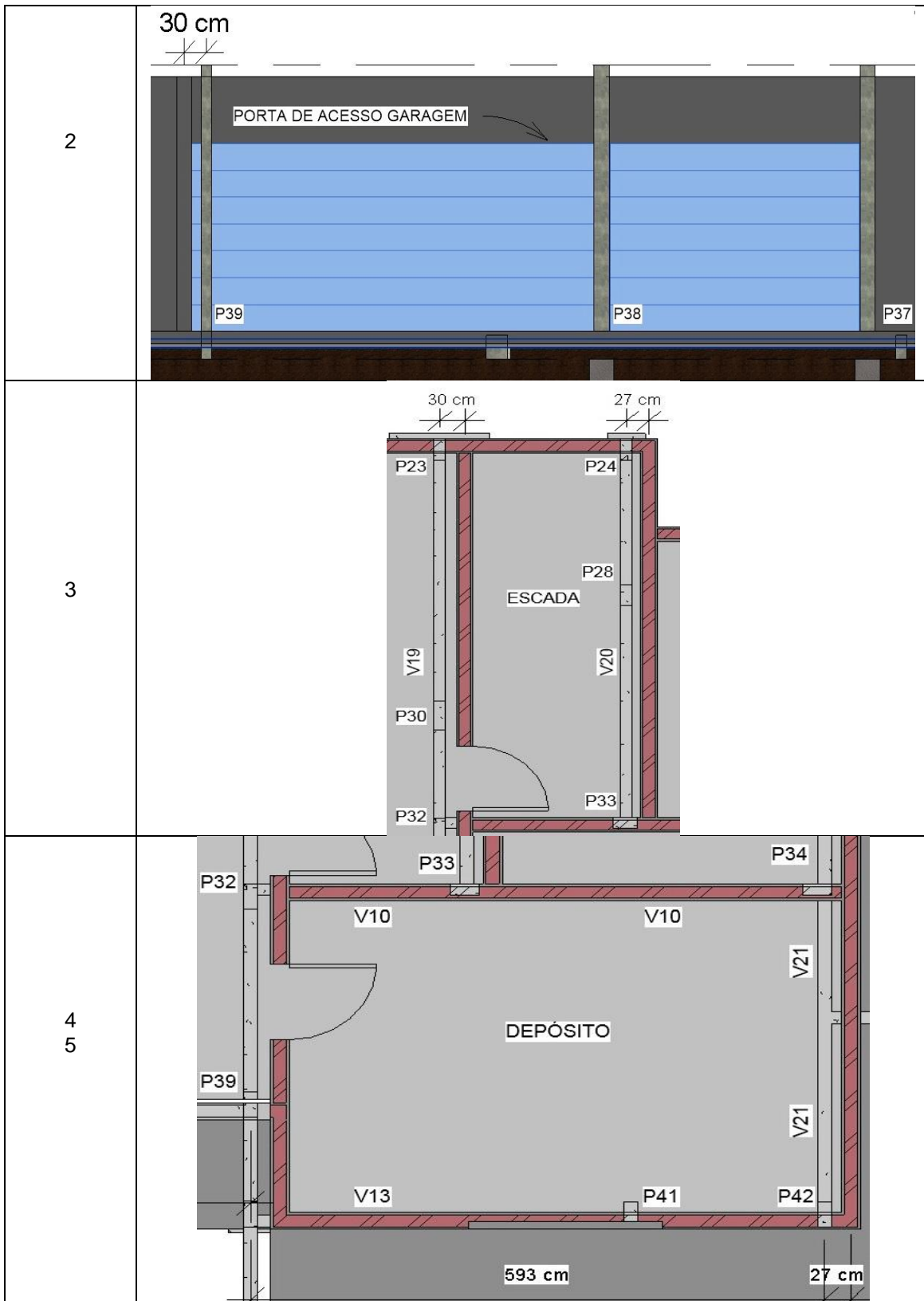
CÓDIGO	ESTRUTURA	ARQUITETURA	TIPO DE FALHA	DESCRIÇÃO
3	Viga 19	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com posicionamento incompatível
4	Viga 10	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com menor comprimento
5	Viga 13	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com menor comprimento
6	Viga 20	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com posicionamento incompatível
7	Pilar 28	Ambiente	Inconsistência	Pilar locado em ambiente
8	Pilar 41	Janela	Conflito	Pilar com posicionamento incompatível
9	Viga 01	Alvenaria	Incompatibilidade	Deslocamento da posição geométrica correta
10	Viga 18	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com menor comprimento
11	Pilar 12	Ambiente	Inconsistência	Pilar locado em ambiente
12	Viga 14	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com menor comprimento
13	Pilar 16	Ambiente	Inconsistência	Pilar locado em ambiente

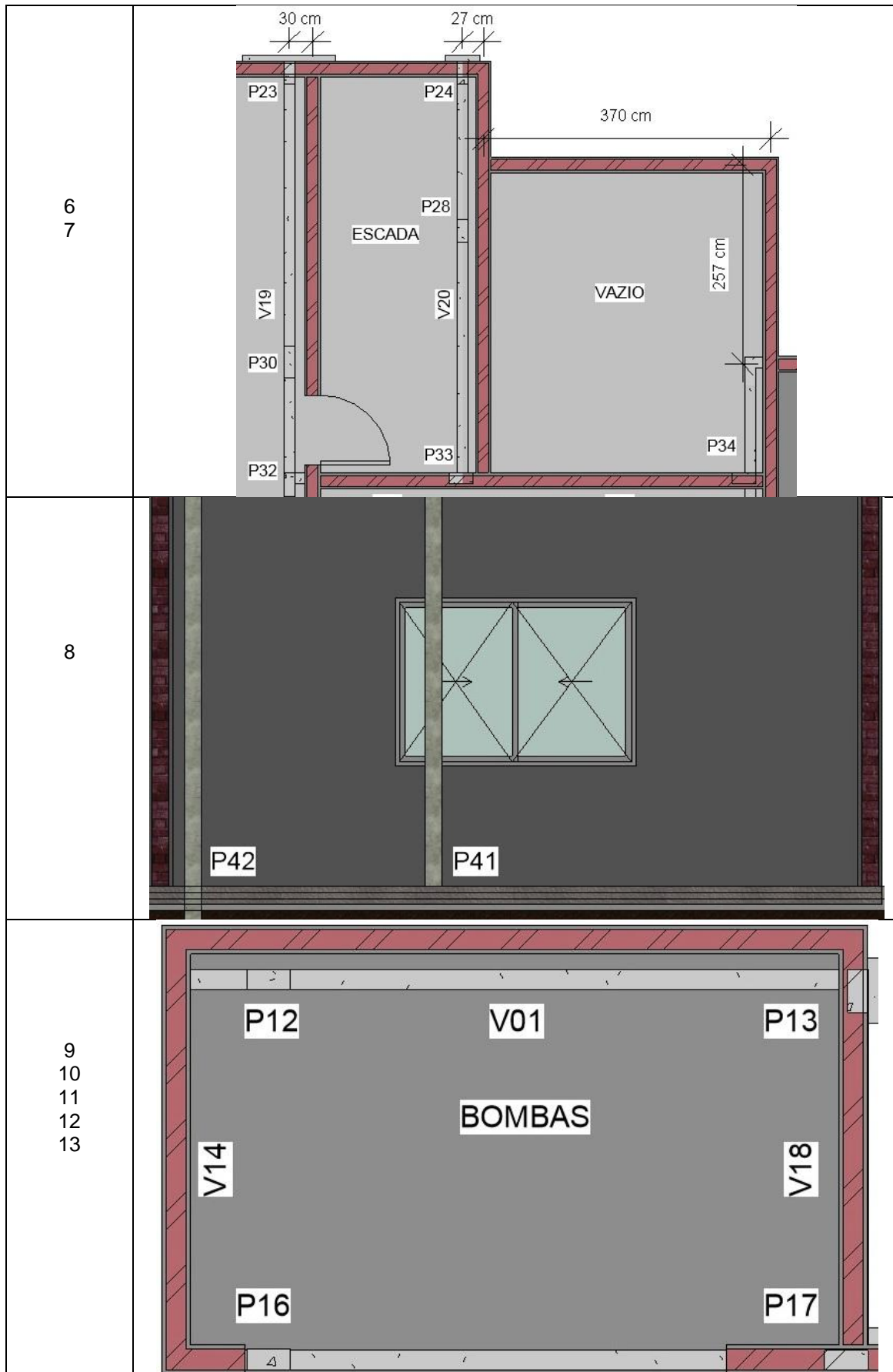
Fonte: Autoria Própria (2017)

Após a análise e descrição das inconformidades detectadas no pavimento baldrame, as mesmas foram expressas no quadro 10, se relacionado com seu respectivo código de identificação.

Quadro 10: Ilustrações das inconformidades do pavimento baldrame

CÓDIGO	ILUSTRAÇÃO DA FALHA
1	<p>Diagrama de uma seção transversal de um pavimento baldrame. O diagrama mostra uma base de 1340 cm e uma camada superior de 1310 cm. Há pilares P36 (14x30), P37 (20x40), P38 (20x40) e P39 (14x30) e vigas V12 (14x35) e V18 (14x35). Uma falha de 30 cm é indicada no lado direito.</p>





Fonte: Autoria Própria – Extraído do Software Revit (2017)

2. Nível: Pavimento Térreo

A figura 21 apresenta o segundo nível que foi analisado, a disposição arquitetônica das paredes, portas, janelas e pisos. Também é possível perceber a sobreposição dos elementos estruturais: vigas, pilares e lajes.

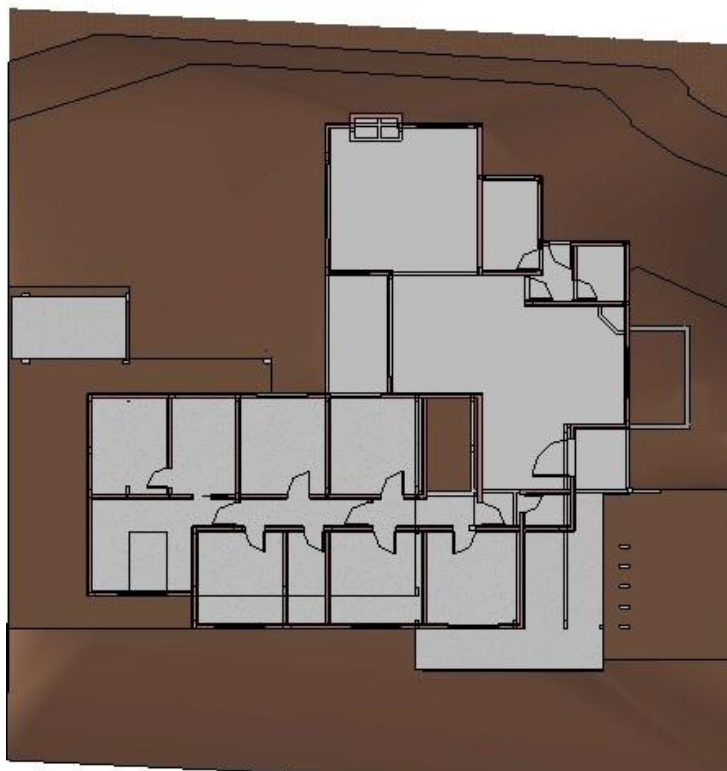


Figura 21: Pavimento térreo a compatibilizar
Fonte: Autoria Própria – Extraído do software Revit (2017)

Após a sobreposição dos arquivos virtuais, notaram-se as incompatibilidades, conflitos e inconsistências nos projetos utilizados para a execução da residência, o que ficou mais perceptível em uma vista isometria da edificação, como apresenta a figura 22.



Figura 22: Pavimento Térreo (Vista Isométrica)
Fonte: Autoria Própria - Extraído do software Revit (2017)

Deste modo, no desenvolvimento do estudo, todas as inconformidades localizadas e elementos incompatíveis serão prescritos no quadro 11.

Quadro 11: Inconformidades localizadas no Pav. Térreo

CÓDIGO	ESTRUTURA	ARQUITETURA	TIPO DE FALHA	DESCRIÇÃO
1	Viga 22	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com menor comprimento
2	Pilar 40	Alvenaria/Ambiente	Incompatibilidade	Pilar com posicionamento incompatível
3	Pilar 39	Ambiente	Inconsistência	Pilar com posicionamento incompatível
4	Pilar 32	Alvenaria/Ambiente	Incompatibilidade	Pilar com posicionamento incompatível
5	Viga 41	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com posicionamento incompatível
6	Viga 44	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com posicionamento incompatível
7	Pilar 33	Porta	Conflito	Pilar com posicionamento incompatível
8	Pilar 34	Janela	Conflito	Pilar com posicionamento incompatível

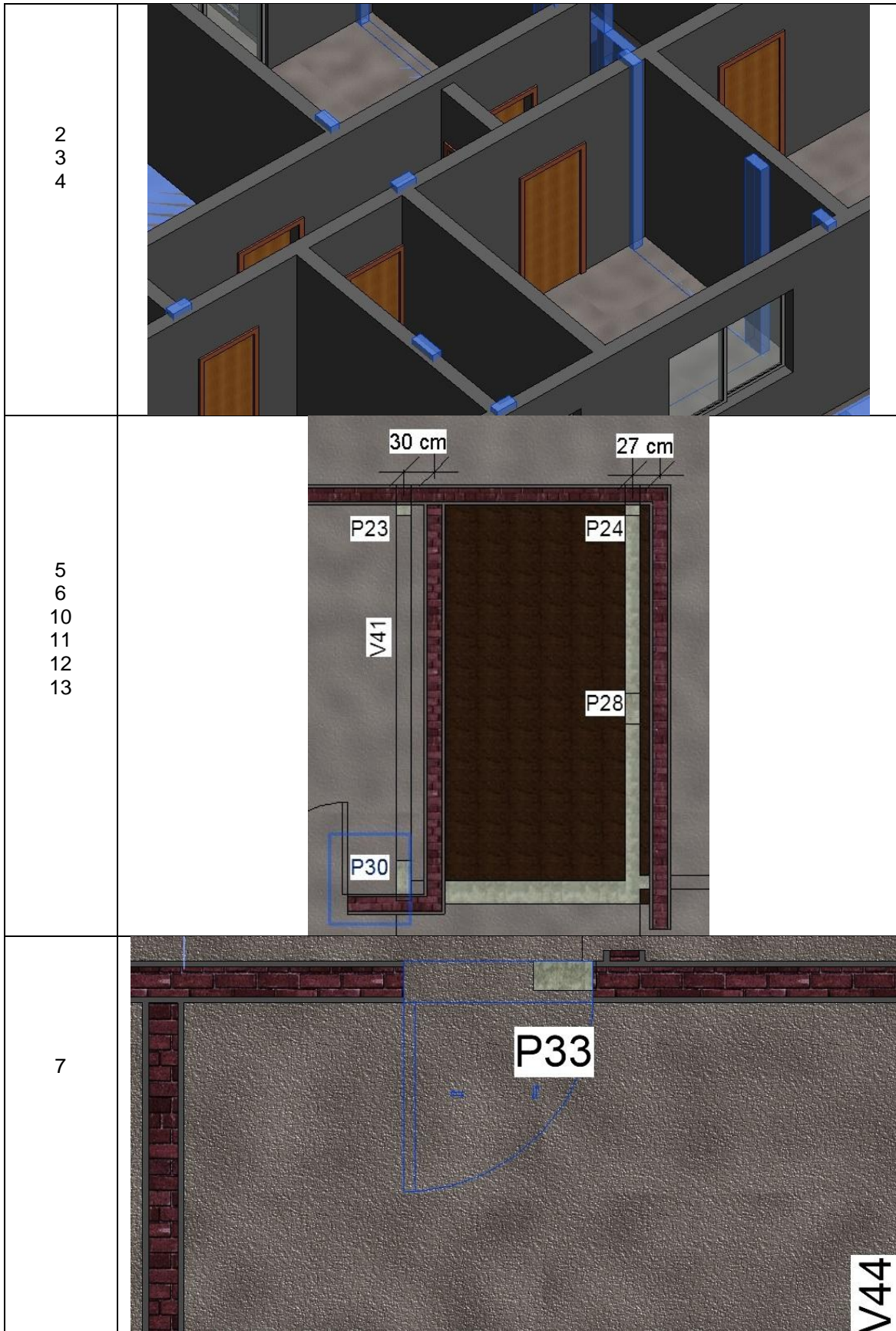
CÓDIGO	ESTRUTURA	ARQUITETURA	TIPO DE FALHA	DESCRIÇÃO
9	Viga 42	Alvenaria	Incompatibilidade	Viga com posicionamento incompatível
10	Pilar 23	Alvenaria/Ambiente	Incompatibilidade	Pilar com posicionamento incompatível
11	Pilar 24	Alvenaria/Ambiente	Incompatibilidade	Pilar com posicionamento incompatível
12	Pilar 28	Ambiente	Inconsistência	Pilar com posicionamento incompatível
13	Pilar 30	Ambiente	Inconsistência	Pilar com posicionamento incompatível
14	Pilar 25	Ambiente	Inconsistência	Pilar com posicionamento incompatível
15	Pilar 44	Ambiente	Inconsistência	Pilar com posicionamento incompatível

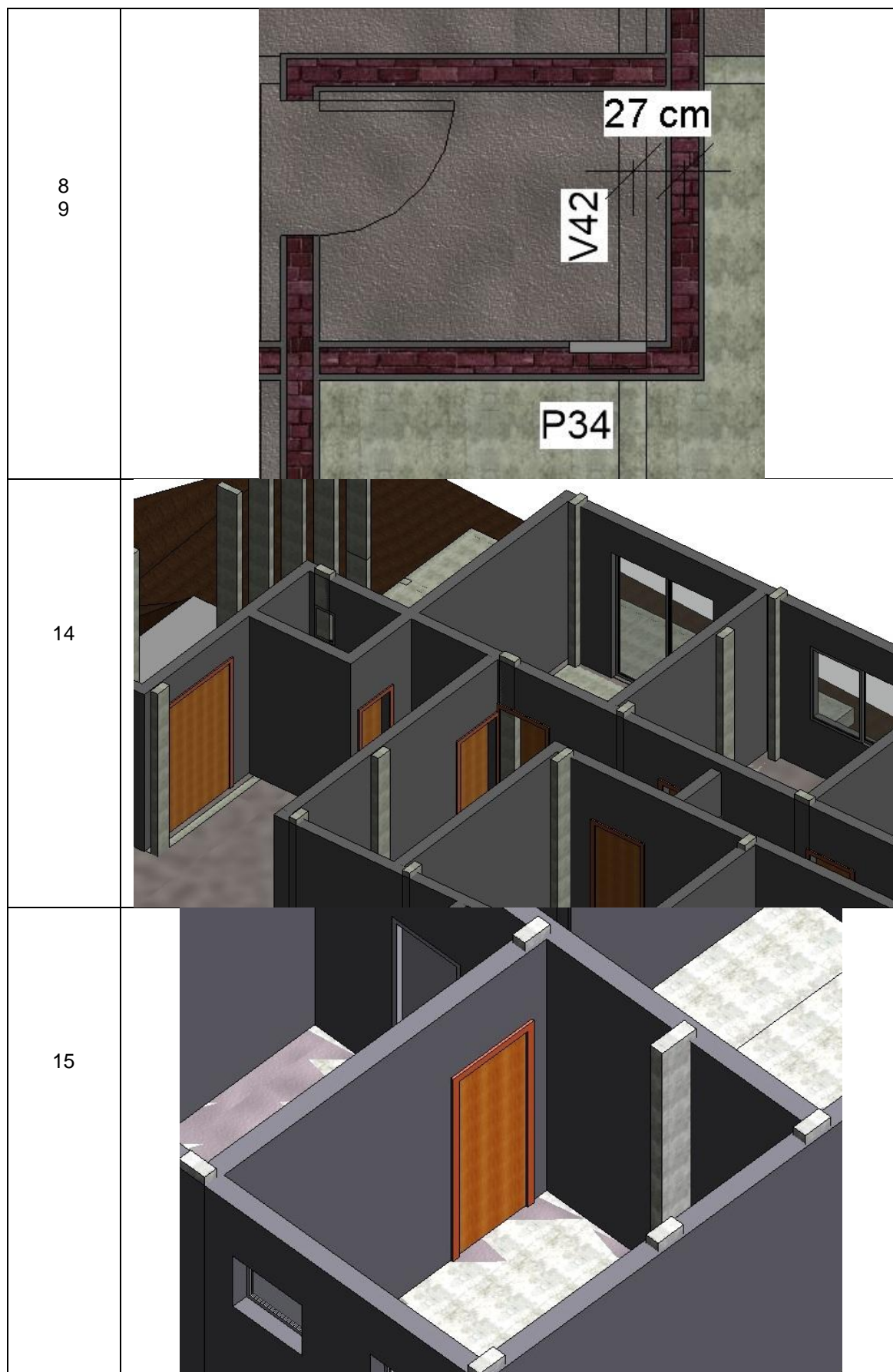
Fonte: Autoria Própria (2017)

Após a análise e descrição das inconformidades detectadas no pavimento térreo, as mesmas foram expressas no quadro 12, se relacionado com seu respectivo código de identificação.

Quadro 12: Ilustrações das inconformidades no pavimento térreo

CÓDIGO	ILUSTRAÇÃO DA FALHA
1 2 3 4	





Fonte: Autoria Própria – Extraído do software Revit (2017)

3. Nível: Pavimento Cobertura

A figura 23 demonstra a planta baixa do terceiro nível que foi investigado, a disposição arquitetônica da cobertura e paredes. Também é possível perceber a sobreposição dos elementos estruturais: vigas, pilares e lajes.

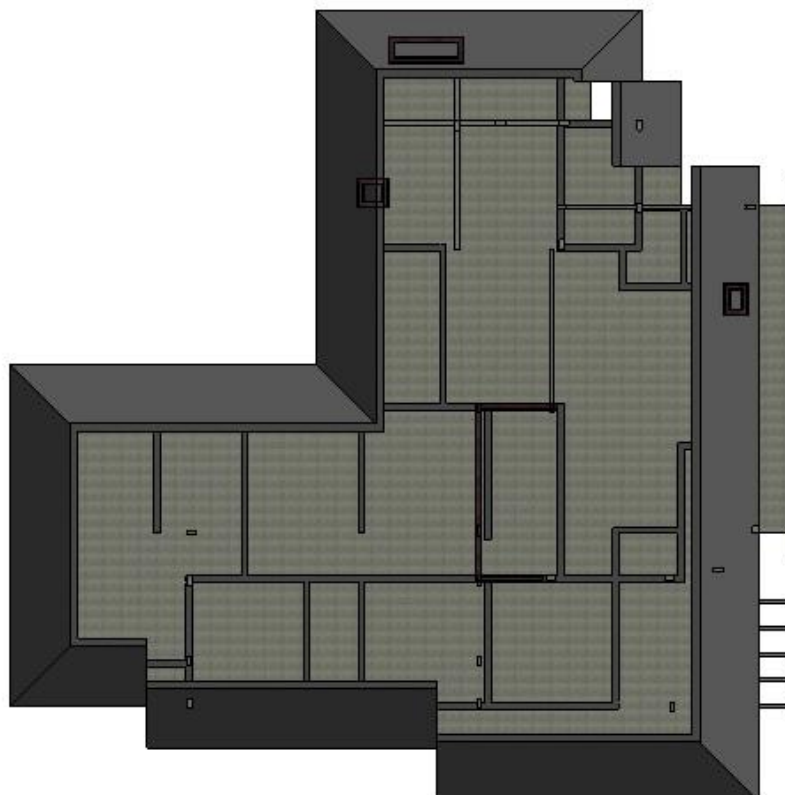


Figura 23: Pavimento Cobertura a compatibilizar
Fonte: Autoria própria - Extraído do software Revit (2017)

Desta maneira, a quadro 13 apresenta todas as inconformidades identificadas neste nível, informando um respectivo código para cada falha descoberta.

Quadro 13: Inconformidades localizadas no Pav. Cobertura

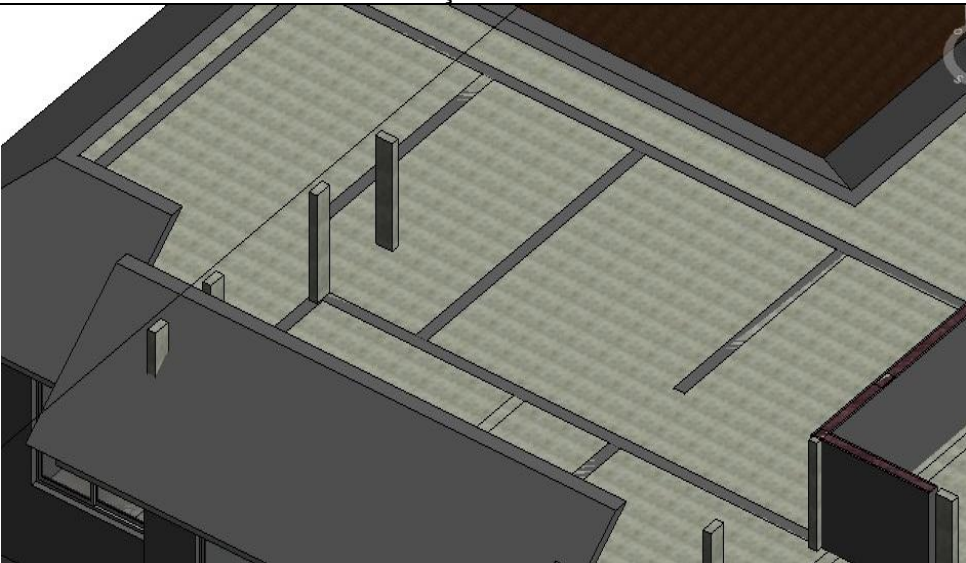
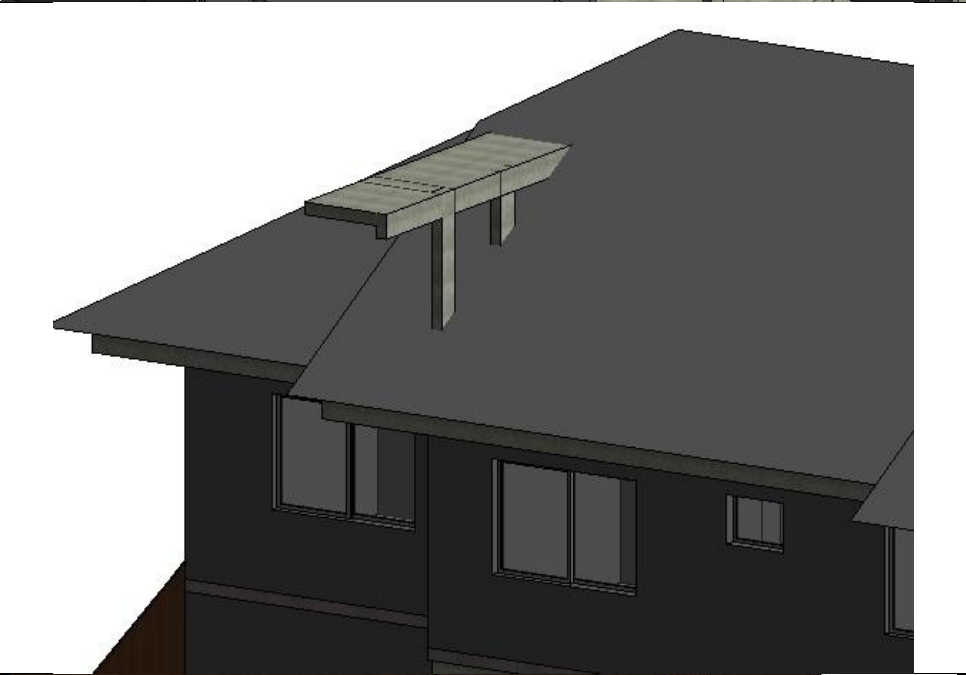
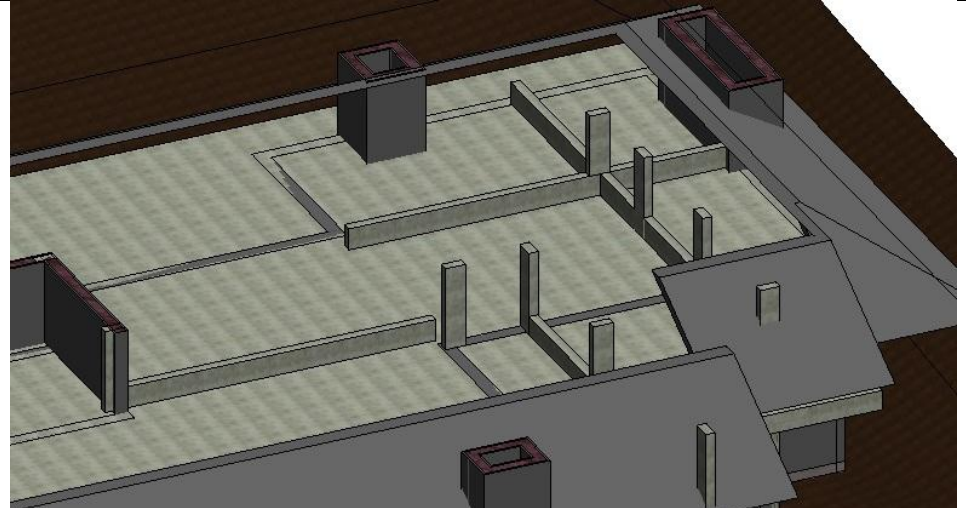
CÓDIGO	ESTRUTURA	ARQUITETURA	TIPO DE FALHA	DESCRIÇÃO
1	P201	Telhado	Conflito	Pilar com altura incompatível
2	P37	Telhado	Conflito	Pilar com altura incompatível

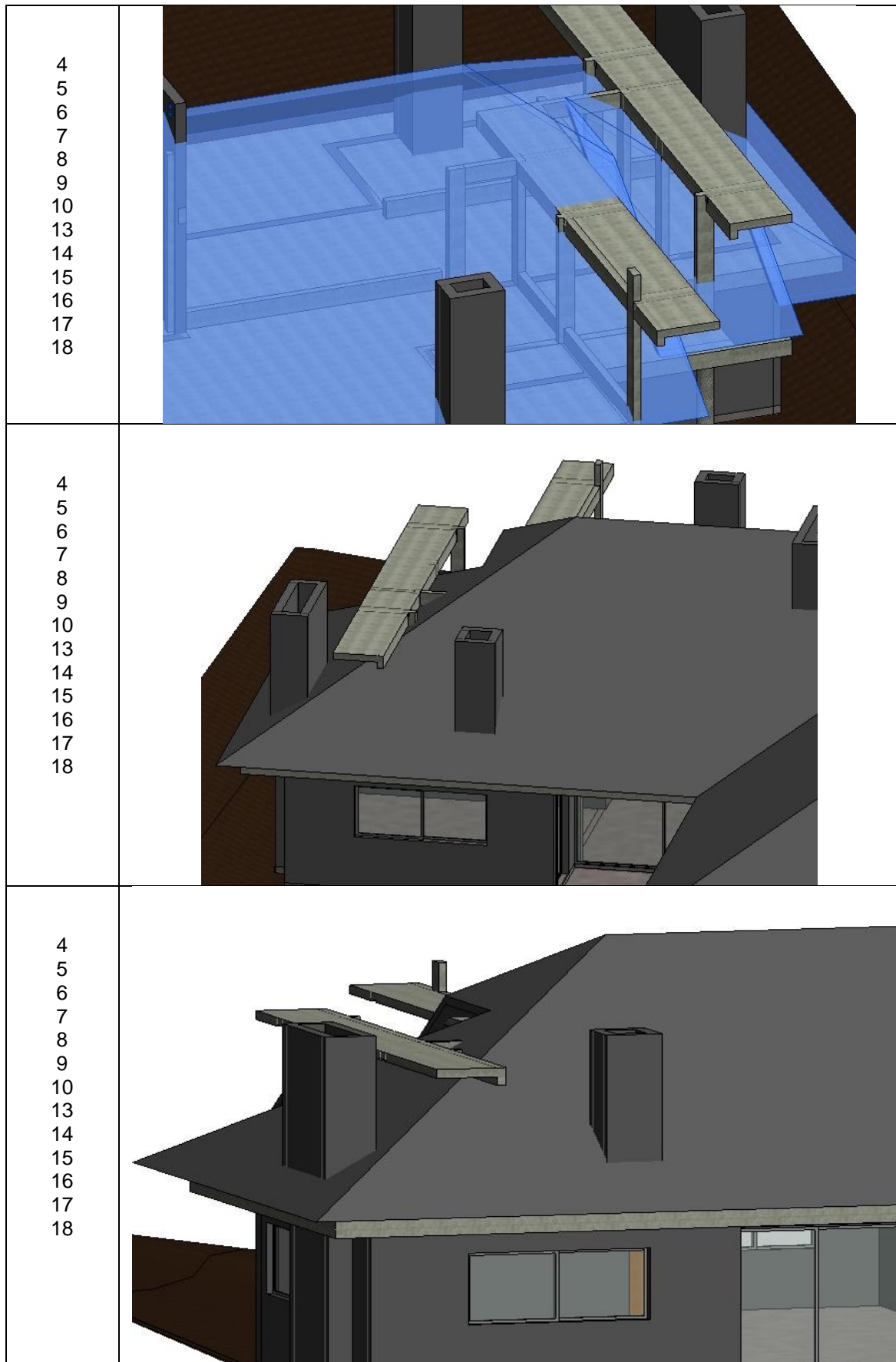
CÓDIGO	ESTRUTURA	ARQUITETURA	TIPO DE FALHA	DESCRIÇÃO
3	P8	Telhado	Conflito	Pilar com altura incompatível
4	PP5	Telhado	Conflito	Pilar com altura incompatível
5	P5	Telhado	Conflito	Pilar com altura incompatível
6	P6	Telhado	Conflito	Pilar com altura incompatível
7	PP6	Telhado	Conflito	Pilar com altura incompatível
8	Viga 3	Telhado	Conflito	Viga com elevação incompatível
9	Viga 4	Telhado	Conflito	Viga com elevação incompatível
10	Viga 8	Telhado	Conflito	Viga com elevação incompatível
11	Viga 23	Telhado	Conflito	Viga com elevação incompatível
12	Laje 16	Telhado	Conflito	Laje com elevação incompatível
13	Laje 12	Telhado	Conflito	Laje com elevação incompatível
14	Laje 1	Telhado	Conflito	Laje com elevação incompatível
15	Laje 2	Telhado	Conflito	Laje com elevação incompatível
16	Laje 3	Telhado	Conflito	Laje com elevação incompatível
17	Laje 7	Telhado	Conflito	Laje com elevação incompatível
18	Laje 8	Telhado	Conflito	Laje com elevação incompatível

Fonte: Autoria própria (2017)

Após a análise e descrição das inconformidades detectadas no pavimento cobertura, as mesmas foram expressas no quadro 14, se relacionado com seu respectivo código de identificação.

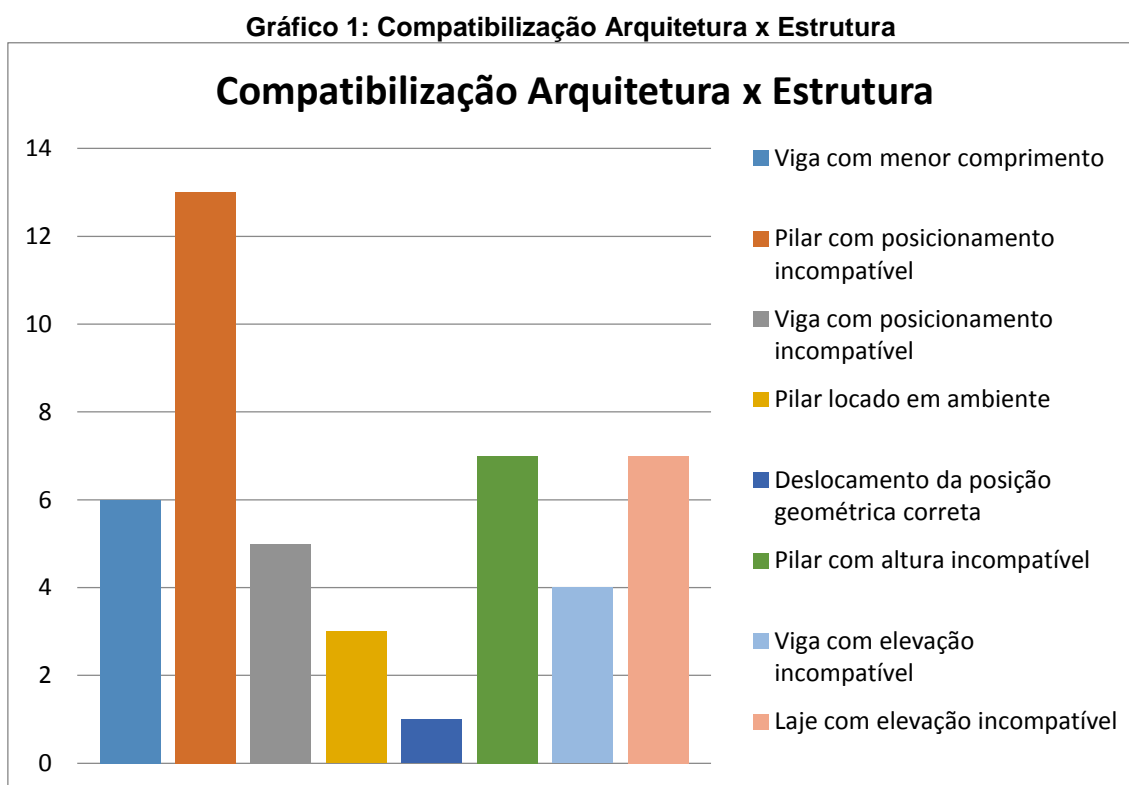
Quadro 14: Ilustrações das inconformidades do pavimento cobertura

CÓDIGO	ILUSTRAÇÃO DA FALHA
1 2	
1 2 11 13	
3 4 5 6 7	



Fonte: Autoria própria – Extraído do Software Revit (2017)

Com as inconformidades localizadas entre os projetos de arquitetura e estrutura, pode-se gerar um gráfico de todos os elementos que possuíam falhas entre os sistemas presentes na edificação. O gráfico 1 apresenta o tipo e a quantidade de cada erro.



Fonte: Autoria Própria (2017)

5.2 PROPOSTAS PARA A SOLUÇÃO DE INCONFORMIDADES

No processo de compatibilização, a coordenação de projetos necessita reunir todas as falhas detectadas e apresentar soluções para as mesmas. A solicitação de alteração de projeto é mais viável na maioria dos casos, porém, quando a obra já se encontra em fase de execução, muitas vezes se é necessário arranjar sistemas construtivos adequados para tal situação.

Neste trabalho, serão prescritas propostas para as soluções das falhas encontradas em Arquitetura x Estrutura, a fim de solicitar alterações dos

projetos favorecendo e valorizando esta fase de elevada importância da construção civil.

Após analisar todos os pavimentos em vista 3D, pôde-se notar que os erros localizados entre vigas pilares e elementos arquitetônicos são de fácil resolução, pois o projetista estrutural se equivocou em erros de medidas de vigas, o que acabou por consequência também deslocando pilares de suas posições geométricas corretas. O quadro 15 apresenta cada elemento incompatível em seu nível e sua respectiva solução.

Para as vigas do primeiro pavimento em inconformidade, é necessário que se retorne ao projeto estrutural, e aumente seu comprimento, compatível com a imposição arquitetônica, que é o principal projeto da residência, e o qual deve ser seguido suas exigências.

O pilar 41, situado no primeiro nível da edificação está locado em projeto 5 cm em direção a janela, portanto, deve ser deslocado em sentido contrário.

As vigas do segundo nível, pavimento térreo, também deverão ser alteradas seus comprimentos no projeto estrutural, para se compatibilizarem ao restante da edificação.

No pavimento da cobertura, deverão ser recalculados os pilares, vigas e lajes da platibanda e oitão, pois os mesmo se encontram em conflito com a cobertura.

Quadro 15: Propostas de alterações de projeto

NÍVEL	ELEMENTO	PROPOSTA PARA ALTERAÇÃO EM PROJETO
Baldrame	VIGA 12	Aumentar comprimento da viga
	VIGA 10	
	PILAR 41	Deslocar posição geométrica do pilar
	VIGA 18	Aumentar comprimento da viga
	VIGA 14	
Térreo	VIGA 22	Aumentar comprimento da viga
	VIGA 23	
Cobertura	PILAR 201	Diminuir altura do pilar
	PILAR 37	
	PILAR 8	
	PILAR P5	
	PILAR 5	
	PILAR 6	
	PILAR P6	

VIGA 3	Abaixar elevação da viga
VIGA 4	
VIGA 8	
VIGA 23	
LAJE 16	Abaixar elevação da laje
LAJE 12	
LAJE 1	
LAJE 2	
LAJE 3	
LAJE 7	
LAJE 8	

Fonte: Autoria própria (2017)

Como citado anteriormente, após realizar estas alterações em projeto estrutural, todo o restante da estrutura que se encontrava em conflito e incompatibilidade irá atender aos requisitos do projeto arquitetônico e colaborar no desempenho do produto final da obra.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As exigências do mercado da construção civil atualmente realizam significativo aumento da complexidade das atividades, tanto na fase de projetos, como na execução de obras. Para acompanhar esta evolução tecnológica, cada vez mais os profissionais buscam se desenvolver e capacitar na área da tecnologia da informação, para gerar resultados eficientes e se tornarem competitivos no mercado. O sistema construtivo eficaz, unido com um produto final de qualidade são umas das alternativas que garantem posições nestas concorrências. E para se obter este rendimento, uma das alternativas que vem se aderindo ao ramo da engenharia civil é a compatibilização de projetos, pois é a fase que pode-se prever todas as etapas da obra, e realizar o controle total da execução, precavendo-se de gastos e desperdícios, tanto de materiais como de mão-de-obra.

Como consta nas etapas de desenvolvimento deste trabalho, o processo de compatibilização, deve ser essencial a comunicação entre as equipes responsáveis pela elaboração de projetos, execução e desempenho da edificação, a fim de diminuir as incompatibilidades e conflitos entre os diversos sistemas existentes da estrutura e arquitetura, resultando em uma execução otimizada.

Este trabalho apresentou através da modelagem de uma residência unifamiliar, a compatibilização dos projetos arquitetônico e estrutural com o auxílio da plataforma BIM, mais especificamente, o *software Revit*, que expressa seus modelos em 2D e 3D.

Com o desenvolvimento deste estudo de caso, pode-se perceber o quão importante é a modelagem em 3D e a integração entre os projetos da edificação. Os vínculos entre os arquivos digitais, a troca de informações e as alterações necessárias de maneira simultânea garantem eficiente desempenho no gerenciamento da obra, reduzindo custos, prazos e evitando erros e retrabalhos.

A etapa de elaboração de projetos é um processo de atividades e procedimentos bem estipulados, que quando realizado de maneira competente pode potencializar a fase de execução. No entanto, como atualmente o

mercado vem exigindo cada vez mais equipes multi disciplinares na produção do projeto do produto são frequentes que se encontrem falhas e inconformidades no pacote de projetos. Porém, se realizado a compatibilização destas falhas ainda na fase de formação do empreendimento, podem ser resolvidas de maneira simples e eficaz.

Portanto, o desenvolvimento deste trabalho serve para confirmar a importância do processo de compatibilização de projetos, visto que todas as interferências encontradas puderam ser solucionadas de maneiras simples e direta, evitando gastos e retrabalhos no momento da execução, podendo assim, conduzir um bom gerenciamento e execução da edificação, atingindo as expectativas de projeto e cliente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de Edificações - procedimento.** Rio de Janeiro, 1999.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.531: Elaboração de projetos de edificações: Atividades técnicas.** Rio de Janeiro, 1995.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.532: Elaboração de projetos de edificações: Arquitetura.** Rio de Janeiro, 1995.

ALDABÓ, Ricardo. **Gerenciamento de projetos: Procedimento básico e etapas essenciais.** São Paulo, 2001.

ÁVILA, Vinícius M. **Compatibilização de projetos na construção civil Estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar.** 2001. Monografia – Universidade Federal de Minas Gerais.

BARTH, Fernando; CALLEGARI, Simara. **Análise comparativa da compatibilização de projetos em três estudos de caso.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

BELLAN, Melissa. **Práticas e ferramentas para coordenação de projetos de edifícios.** 2009. Dissertação - Universidade de São Paulo.

BERTEZINI, Ana Luisa. **Métodos de avaliação do processo de projeto de arquitetura na construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade.** 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CORRÊA, Márcio Roberto Silva. **Aperfeiçoamento de modelos usualmente empregados no projeto de sistemas estruturais de edifícios.** 1991. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DUARTE, Técia M.; SALGADO, Mônica S. **O projeto executivo de arquitetura como ferramenta para o controle da qualidade na obra.** Universidade do Rio de Janeiro, 2002.

FABRÍCIO, Márcio M. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios.** 2002. Tese – Universidade de São Paulo.

FABRÍCIO, Márcio M.; BAÍA, Josaphat L.; MELHADO, Sílvio B. **Estudo da sequência de etapas do projeto na construção de edifícios: Cenários e Perspectivas.** Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FABRÍCIO, Márcio M.; MELHADO, Sílvio B. **Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios.** Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

FERREIRA, Rita C. **Os diferentes conceitos adotados entre gerência, coordenação e compatibilização de projeto na construção de edifícios.** Universidade de São Paulo, 2015.

FORMOSO, Carlos T.; MOURA, Patrícia M. **Um estudo sobre a coordenação do processo de projeto em empreendimentos complexos.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo, 2002.

GRAZIANO, Francisco Paulo. **Compatibilização de projetos.** Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT. Dissertação. São Paulo, 2003.

KYMMEL, W. **Building Information Modeling.** Planning and managing construction Project with 4D and simulations. McGraw – Hill, 2008

MACEDO, Danilo. **Sobre Projeto Executivo e detalhes.** <https://mdc.arq.br/2009/06/11/sobre-projetos-executivos-e-detalhes/#_ftnref7>. Acessado em: Maio de 2017.

MARTUCCI, Ricardo. **Projeto tecnológico para edificações habitacionais: utopia ou desafio.** São Paulo, 1990.

MELHADO, Sílvio B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** 1994. Tese – Universidade de São Paulo.

MELHADO, Sílvio B.; Souza, Ana L. **O papel da tecnologia de informação na coordenação de projetos de edifícios.** Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

MELO, Rogério Victor. **Cartilha – Projeto Básico e Executivo.** 1º ed. Acre: Controladoria Geral do Estado do Acre, 2014.

MELO, Renato. **Como funciona o Projeto de Arquitetura.** <<http://www.renatomelo.com/servicos/fasesdeprojeto.html>>. Acessado em: Maio de 2017.

MIKALDO JR, Jorge; SCHEER, Sergio. **Compatibilização de projetos ou Engenharia simultânea: Qual a melhor solução?** Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

MIKALDO, Jorge; SCHEER, Sérgio. **Compatibilização de projetos em 3D como indicativo de redução de custos em edificações.** Universidade Federal do Paraná, 2006.

NOVAES, Celso C. **Um enfoque diferenciado para o projeto de edificações: Projetos para produção.** Universidade Federal de São Carlos, 1997.

PICCHI, Flavio Augusto. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção e edifícios.** TESE. Unicamp, 1993.

RAUBER, Felipe Claus. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural.** Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

RODRÍGUEZ, MARCO A. **Coordenação técnica de projetos: Caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações.** 2005. Tese – Universidade Federal de Santa Catarina.

SOUZA, Francisco. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares Estudo de caso.** 2010. Dissertação – Universidade Católica de Pernambuco.

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na Construção Civil: Consultoria, Projeto e execução.** 1o ed. São Paulo: Editora Pini, 2006.

TZORTZOPOULOS, Patrícia. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** 1999. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.