

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

**BRUNA MENEGATTI**

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICO E  
ESTRUTURAL DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR COM  
AUXILIO DA PLATAFORMA BIM.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2015**

BRUNA MENEGATTI

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICO E  
ESTRUTURAL DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR COM  
AUXILIO DA PLATAFORMA BIM.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior de Engenharia Civil da Coordenação de Engenharia Civil – COECI – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador Prof. MSc. Cleovir José Milani  
Coorientador Prof. MSc. José Valter Monteiro Larcher

PATO BRANCO

2015



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR COM AUXILIO DA PLATAFORMA BIM.**

#### **BRUNA MENEGATTI**

No dia 20 de novembro de 2015, às às 14H45min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição 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 nº35-TCC/2015.

Orientador: Prof. Msc. CLEOVIR JOSÉ MILANI (DACOC/UTFPR-PB)

Co-orientador: Prof. Msc. JOSÉ VALTER MONTEIRO LARCHER (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof<sup>a</sup>. Msc. RAYANA CAROLINA CONTERNO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. OSMAR JOÃO CONSOLI (DACOC/UTFPR-PB)

## RESUMO

As crescentes exigências do mercado quanto a qualidade dos empreendimentos, além da preocupação com a redução de custos, tem exigido das empresas do setor da construção civil alteração nas suas estratégias, exigindo cada vez mais do profissional contratado. Buscando uma competitividade no setor, proporcionando assim, obras que integrem qualidade, funcionalidade redução de custos indesejáveis, além de uma apresentação estética agradável ao público.

Para isso, as atividades relacionadas com os projetos da edificação devem ser artifícios de ações gerenciais que garantam uma qualidade desejada, chegando ao local da obra mais completos. Tornando a fase de execução mais eficiente, poupando tempo de serviço, possíveis soluções de imprevistos e diminuindo assim custos com retrabalhos e desperdícios.

Com a necessidade de especialização nas diversas áreas da construção civil, os profissionais tendem a trabalhar isoladamente, tendo em vista a cobrança do mercado em relação a produtividade e tempo, nota-se com isso uma falta de coerência e ligação das atividades executadas.

Com inúmeros sistemas que compõem uma edificação essa ausência de ligação entre os profissionais acarreta em inconformidades e conflitos entre os projetos. Em contrapartida escritórios que integram profissionais especialistas em áreas distintas formando um ambiente multidisciplinar, onde estes interligam seus trabalhos, vem obtendo resultados mais eficientes, projetos com maior qualidade e obras com maior potencial.

O presente trabalho aborda a importância da inter-relação entre os projetos, realizando uma compatibilização dos mesmos em uma residência unifamiliar na cidade de Pato Branco, no estado do Paraná, com auxílio do software de modelagem tridimensional *Revit*.

Palavras-chave: Compatibilização. Projeto. Incompatibilidades.

## **ABSTRACT**

The increasing demands of the market for the quality of the projects besides to the concern to reduce costs, have required to the industry of construction change in their strategies, requiring more and more of the contracted professional. Seeking a competitive, the industries are searching for works that integrate quality, reduction of unwanted costs, plus a pleasing aesthetic presentation to the public.

For this purpose, the activities related to the building project must be devices of management actions that ensure a desired quality, reaching into the jobsite with the projects more completed. It makes the execution phase more efficient, decreasing the lost of time with unexpected services, rework and waste.

Needing specialization in several areas of construction, professionals tend to work singly. In view of the requirement of the market for productivity and time, there is a lack of coherence and connection among the performed activities.

With numerous systems that make up a building, this lack of connection between the professionals brings in non-conformities and conflicts between projects. On the other hand, offices that have professional experts in different areas create a multidisciplinary environment. Therewith, they interconnect their jobs, getting more efficient results, projects with higher quality, and works with greater potential.

This paper discusses the importance of the interrelationship between projects, performing a compatibility of them in a single-family residence in the city of Pato Branco, state of Paraná, with the aid of Revit (three-dimensional modeling software).

**Keywords:** Compatibility; projects; incompatibilities.

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGAS .....</b>	<b>8</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 OBJETIVOS .....	10
1.1.1 Objetivos Gerais.....	10
1.1.2 Objetivos Específicos.....	10
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
<b>2 PROJETO.....</b>	<b>12</b>
2.1 CONCEITUAÇÃO DE PROJETO .....	12
2.1.1 Projeto Arquitetônico.....	12
2.1.1 Projeto Estrutural .....	13
2.2 ETAPAS CONSTITUINTES.....	14
2.3 INFLUÊNCIA DO PROJETO NO CUSTO TOTAL DO EMPREENDIMENTO	16
2.4 COORDENAÇÃO DE PROJETOS .....	20
2.5 ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	22
2.6 COMPATIBILIZAÇÃO .....	23
2.7 VERIFICAÇÃO DE INCONFORMIDADES .....	24
<b>3 BIM.....</b>	<b>26</b>
3.1 CONCEITO .....	26
3.2 AUXÍLIO NA COMPATIBILIZAÇÃO .....	28
3.3 <i>REVIT BUILDING</i> .....	30
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
<b>5 ESTUDO DE CASO: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR .....</b>	<b>33</b>
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA.....	33
5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PROJETOS .....	33
5.2.1 Arquitetônico .....	33
5.2.2 Estrutural.....	35

5.3	CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO.....	38
5.4	COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO X ARQUITETÔNICO .....	39
5.4.1	Verificação de incompatibilidades .....	41
5.5	COMPATIBILIZAÇÃO ESTRUTURAL X ESTRUTURAL .....	55
5.5.1	Verificação de incompatibilidades .....	57
5.6	COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO X ESTRUTURAL .....	61
5.6.1	Verificação de incompatibilidades .....	62
5.7	ANÁLISE DE CUSTOS .....	81
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>85</b>
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo de suas fases .....	17
Figura 2: O avanço do empreendimento em relação a chance reduzir o custo de falhas .....	18
Figura 3: Relação entre o tempo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo mensal das atividades, com a ideia de um maior investimento no tempo de projeto	19
Figura 4: Relação entre o tempo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo mensal das atividades .....	19
Figura 5: Esquema de funcionamento da plataforma BIM .....	27
Figura 6: Representação do desenho em BIM .....	29
Figura 7: Diferença entre CAD e BIM .....	30
Figura 8: Planta baixa pavimento térreo .....	34
Figura 9: Planta baixa pavimento superior .....	34
Figura 10: Planta de cobertura .....	35
Figura 11: Planta de forma fundação .....	36
Figura 12: Planta de forma pavimento baldrame .....	37
Figura 13: Planta de forma pavimento superior .....	37
Figura 14: Planta de forma pavimento cobertura .....	38
Figura 15: Modelo tridimensional da elevação frontal da residência .....	40
Figura 16: Modelo tridimensional da elevação posterior da residência .....	40
Figura 17: Modelo tridimensional da elevação lateral da residência .....	41
Figura 18: Falta de cota de esquadria lavanderia .....	42
Figura 19: Falta de cota de esquadria cozinha .....	42
Figura 20: Cota de projeto da esquadria J3 da lavanderia .....	43
Figura 21: Medida do executado em obra .....	44
Figura 22: Cota de projeto da esquadria J2 da cozinha .....	44
Figura 23: Medida do executado em obra .....	45
Figura 24: Cota de projeto da esquadria P3 da cozinha .....	46
Figura 25: Medida do executado em obra .....	47
Figura 26: Cota de projeto da esquadria J4 do dormitório .....	48
Figura 27: Medida do executado em obra .....	49

Figura 28: Cota de projeto da esquadria PJ1 da sala de jantar.....	50
Figura 29: Medida do executado em obra .....	50
Figura 30: Tabela de esquadrias representando as portas .....	51
Figura 31: Erro na dimensão da porta.....	51
Figura 32: Erro na dimensão da porta.....	52
Figura 33: Detalhe das esquadrias na fachada .....	53
Figura 34: Detalhe das esquadrias na fachada .....	53
Figura 35: Espaçamento entre a viga e a esquadria no <i>Revit</i> .....	54
Figura 36: Espaçamento entre a viga e a esquadria no <i>Revit</i> .....	54
Figura 37: Espaçamento entre a viga e a esquadria em obra.....	55
Figura 38: Modelo tridimensional estrutural .....	56
Figura 39: Modelo tridimensional estrutural .....	56
Figura 40: Detalhe do pilar P15 da planta de locação.....	57
Figura 41: Detalhe do pilar P15 da planta de forma do pavimento baldrame.....	58
Figura 42: Legenda dos pilares .....	58
Figura 43: Detalhe do pilar P5 erro na legenda.....	59
Figura 44: Detalhe do pilar P5 com mudança de dimensões .....	59
Figura 45: Pilar P23 com incoerência na legenda .....	60
Figura 46: Pilar P23 na planta de forma do pavimento baldrame.....	60
Figura 47: Pilar P16 fora de alinhamento .....	61
Figura 48: Conflito do Pilar P29 com a esquadria J9 .....	62
Figura 49: Conflito do Pilar P29 com a esquadria J9 .....	63
Figura 50: Conflito do Pilar P104 com a esquadria J4 .....	63
Figura 51: Conflito do Pilar P104 com a esquadria J4 .....	64
Figura 52: Conflito do Pilar P11 com a porta P3 .....	65
Figura 53: Conflito do Pilar P11 com a porta P3 .....	65
Figura 54: Demonstração da viga V9 passando sob o banheiro .....	66
Figura 55: Demonstração da viga V9 passando sob o banheiro no <i>Revit</i> .....	67
Figura 56: Demonstração da viga V9 passando sob o banheiro na obra .....	68
Figura 57: Demonstração da viga V17 conflitando com o telhado proposto de beiral com 45cm.....	69
Figura 58: Telhado com 100cm de beiral .....	69
Figura 59: Elevação frontal da residência com pele de vidro na escada.....	70
Figura 60: Demonstração da viga no <i>Revit</i> .....	70

Figura 61: Demonstração da viga na fachada .....	71
Figura 62: Demonstração da viga na obra .....	71
Figura 63: Elevação frontal da obra .....	72
Figura 64: Corte 2 do projeto arquitetônico detalhe na laje .....	73
Figura 65: Corte 2 do projeto arquitetônico .....	73
Figura 66: Corte 2 do projeto arquitetônico detalhe da laje .....	74
Figura 67: Demonstração da laje conforme projetos, conflitando o arquitetônico .....	74
Figura 68: Alteração das formas de laje na obra .....	75
Figura 69: Detalhe da solução aplicada para atender projeto arquitetônico .....	75
Figura 70: Perímetro da obra com a solução aplicada para atender projeto arquitetônico .....	76
Figura 71: Demonstração das vergas .....	77
Figura 72: Espessura da alvenaria no projeto arquitetônico .....	78
Figura 73: Bloco cerâmico utilizado em obra .....	78
Figura 74: Detalhe da cobertura no projeto arquitetônico .....	79
Figura 75: Detalhe da cobertura no projeto arquitetônico .....	80
Figura 76: Estrutural prevendo pilares e viga de uma suposta platibanda .....	80
Figura 77: Incompatibilidade de projeto estrutural suposto platibandas .....	81
Figura 78: Composição da laje de projeto .....	82
Figura 79: Composição da correção na laje .....	83
Figura 80: Composição das vergas .....	84

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

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

CAD – Computer – Aided Design (Desenho assistido)

DWG – Extensão de arquivos de desenho em 2D e 3D nativa do software AutoCAD

NBR – Norma Brasileira

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente a construção civil no Brasil não está vivendo seu melhor momento, isso traz ao setor um expressivo aumento na competitividade de mercado, exigindo dos profissionais e das empresas do ramo otimização quanto as atividades desenvolvidas. O processo construtivo vem sendo um foco importante quanto ao desempenho e eficiência, impondo cada vez mais o dinamismo das interações entre os projetos/projetistas com a execução da obra. Na falta desta interação observa-se o aparecimento de falhas em projetos que acarretam em custos desnecessários e atraso no cronograma.

Segundo Coelho e Novais (2008) na construção civil, as fases necessárias para o planejamento e a construção de um empreendimento envolvem profissionais de áreas distintas com um objetivo comum.

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

Visando reduzir a imprevisibilidade e eliminar gastos inesperados e retrabalho, assim como, buscar uma melhor produtividade adequando-se aos padrões normativos, empresas utilizam de procedimentos e técnicas como a compatibilização.

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

Atualmente o procedimento mais usual de compatibilização é feito apenas de forma visual sobrepondo os projetos dos diferentes subsistemas, buscando encontrar as interferências, uma boa forma de estudar e analisar os possíveis erros, porém pode ser um processo desgastante.

Uma outra metodologia que se mostra mais eficaz vem sendo desenvolvida e estudada nas últimas três décadas, trata-se da metodologia/conceito BIM (*Building Information Modeling*) ou seja, Modelagem de Informação da Construção. Este

conceito foi desenvolvido pelo professor Charles Eastman em 1970 e basicamente é uma metodologia de trabalho vinculada a sistemas informativos, buscando gerir todas as etapas de um empreendimento ao longo de sua vida.

A partir do conceito de Eastman foram desenvolvidos *software* derivados do CAD, facilitando o trabalho de engenheiros e arquitetos na prática de compatibilização de projetos utilizando de um modelo tridimensional.

O presente trabalho faz uso do *software Revit Architecture da Autodesk* criado dentro do conceito BIM, que nos permite aproveitar da modelagem paramétrica de elementos, e com isso realizar a prática da compatibilização de projetos.

Pretende-se com este trabalho mostrar a importância da compatibilização, fazendo um estudo de caso em uma residência unifamiliar, observando os possíveis conflitos gerado pelo projeto arquitetônico e estrutural, afim de analisar os retrabalhos e custos adicionais gerados. Tendo por isso também, a utilização de um *software*, ainda pouco conhecido que facilita de forma rápida e eficiente a prática da compatibilização.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivos Gerais

Através da compatibilização de projetos analisar com auxílio da plataforma BIM, com o *software Revit*, os pontos de interferência apontando os possíveis conflitos de projetos no intuito de prever futuros erros na fase de execução, reduzindo gastos de retrabalho e custos adicionais.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Realizar uma modelagem tridimensional dos projetos arquitetônico e estrutural da residência unifamiliar, utilizando o *software Revit Architecture*;

- Verificar os pontos de possíveis incompatibilidades entre os projetos arquitetônico e estrutural;
- Comparar as interferências encontradas com o que foi executada em obra;

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil 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.

Ao longo dos anos o conceito de projeto vem mudando, antigamente era visto como uma atividade secundária de pouca importância e de responsabilidade somente do projetista. Diante da competitividade do setor e as mudanças nos aspectos tecnológicos fizeram com que as empresas mudassem sua visão, começando a enxergar que um projeto bem elaborado traz numerosos benefícios.

Os projetos hoje demandam uma atenção especial pelos inúmeros subsistemas que o compõem, estrutural, hidrossanitário, elétrico, de refrigeração, entre outros. Na maioria das vezes esses projetos são realizados separadamente e por profissionais diferentes que faz com que aumente a possibilidade de conflito e interferências de projetos, gerando possíveis retrabalhos e desperdícios e até mesmo atrasos no cronograma.

Atualmente há uma tendência dos empresários do ramo da construção civil em realizar a prática de compatibilização de projetos, assunto deste trabalho, procurando antever os problemas encontrados na execução, além do melhor controle de prazos e uma planilha orçamentária mais precisa.

A originalidade do presente trabalho está em compatibilizar os projetos de uma obra residencial, afim de analisar os prováveis erros na fase de projeto e posteriormente na execução do empreendimento precavendo de futuros gastos e retrabalhos, enfatizando a real importância de se compatibilizar projetos.

## 2 PROJETO

### 2.1 CONCEITUAÇÃO DE PROJETO

De acordo com a NBR 5674 (1999 pag.02), “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”. Segundo Aldabó (2001) projeto é uma sequência de atividades e práticas que são definidas com início e fim distintos, consiste também na atividade humana voltada a atingir um objetivo comum.

Fiergs e Ciergs (1999) projetar não está ligado a uma única situação ou fase do empreendimento, mas um todo, unindo as necessidades de início que foi levantada pelo empreendedor até o pós-construção.

Para Bertezini (2006), o projeto apresenta um papel importante e estratégico para um bom resultado, tanto para o empreendimento como para as organizações, sendo influente nas demais fases e processos de desenvolvimento.

Projetos são ações relacionadas e executadas de modo organizado para alcançar um produto final já delimitado anteriormente, requerendo um tempo para que essas atividades sejam colocadas em prática (PERALTA,2002).

Portanto, o projeto é um conjunto de atividades e ideias que buscam determinar as características do produto, podendo ser utilizado como ferramenta de previsão, minimizando erros e imprevistos e com isso trazendo benefícios para o empreendimento ao longo de sua vida útil.

#### 2.1.1 Projeto Arquitetônico

Existem normas necessárias para elaboração de um projeto arquitetônico algumas como a NBR 6492:1994 (ABNT,1994) de representação de projetos de arquitetura e a NBR 13532:1995 (ABNT,1995) elaboração de projetos de edificações de arquitetura.

Rauber (2005), afirma que a criação do projeto arquitetônico é trabalhosa, e que é de responsabilidade do arquiteto avaliar e analisar os aspectos técnicos que

contornam uma edificação. Através do projeto arquitetônico que se é possível conceber os projetos complementares, visto dessa forma, os complementares dependem diretamente da qualidade que é realizado o projeto arquitetônico.

De acordo com o autor citado acima, a qualidade de um projeto arquitetônico está relacionada com a responsabilidade designada ao projetista, onde ele delimita as características de cada projeto, como disposição dos ambientes, fachadas das edificações, sistema construtivo, soluções estruturais e de acabamento.

Para elaborar um projeto arquitetônico de qualidade, com coerência na hora de executar, o arquiteto ou o projetista devem ter conhecimentos básicos dos projetos complementares, afim de, projetar de maneira adequada além de discernir as condições necessárias para a execução.

### 2.1.1 Projeto Estrutural

O projeto estrutural é o esqueleto da edificação, qual irá suportar e distribuir as cargas até as fundações. Segundo Rauber (2005) o projeto estrutural é influenciado pelo arquitetônico por meio da interferência da estrutura nos espaços, esta interferência se dá pela altura de vigas, locação de pilares, vão máximos de lajes ou panos de lajes.

O desenvolvimento desse projeto deve ter como responsável um engenheiro civil com capacitação para tal, e compreende no lançamento de elementos estruturais. De acordo com Rebello (2007) o lançamento é a locação das lajes, vigas e pilares que vão dar sustentação a edificação. O projetista estrutural deve realizar um projeto o qual haja uma melhor interação com o arquitetônico proposto, complementando a arquitetura de forma com que não a prejudique, esteticamente e estruturalmente.

Com já citado no trabalho, o sincronismo dos projetos depende quase que exclusivamente do bom senso e do profissionalismo do arquiteto, o qual deve elaborar um projeto arquitetônico adaptável a um estrutural. Rebello (2007) contesta, que pouco se observa isso na realidade das obras, o que acontece repentinamente é o estrutural tendo que se moldar ao arquitetônico, com isso o arquitetônico acaba sendo alterado, prejudicando sua estética ou funcionalidade.

De acordo com a NBR 6118:2014 (ABNT, 2014) o projeto estrutural deve ser composto por desenho, especificações e critérios de projeto, estas podem ser

apresentadas nos próprios desenhos ou em documento separado, além de informações pertinentes para a execução da estrutura da edificação.

## 2.2 ETAPAS CONSTITUINTES

Para que se consiga obter um produto final de qualidade é necessário organizar as ideias já formadas, portanto é preciso que haja uma série de etapas na execução do projeto. Não existe uma padronização para as etapas, há muitos modos de subdividir as fases de um projeto.

Para Melhado (1994) o projeto passa por fases, de maneira progressiva, inicialmente se tem uma maior flexibilidade nas escolhas e, com o decorrer das etapas de um projeto, priorizam-se os detalhes destas.

Segundo Dinsmore (1992), o projeto é constituído por quatro fases: conceitual, planejamento, execução e final, nomeando de “Ciclo de vida do projeto”. O autor ainda menciona que o tempo utilizado para o desenvolvimento do projeto afeta seu nível de atividade.

Também ressalta Dinsmore (1992), que cada fase é caracterizada pelas seguintes atividades:

- A fase conceitual: refere-se à identificação das necessidades, estudo de viabilidade, procura de alternativas e opções, apresentação de propostas, desenvolvimento de orçamentos e cronogramas iniciais e nomeação da coordenação de projeto;

- A fase de planejamento: abrange a programação de recursos humanos, materiais e financeiros, desenvolvimento de sistemas, construção e realização de testes de protótipos, análises de resultados e obtenção de aprovação para a fase de execução;

- A fase de execução: execução das atividades programadas e a alteração dos planos caso necessário. Também inclui a monitoração e o controle das atividades programadas;

- A fase final: compreende no encerramento das atividades do projeto, comissionamento, treinamento do pessoal operacional e relocação dos membros da equipe de projeto.

A seguir serão detalhadas as fases de um projeto e seus respectivos responsáveis, segundo a NBR 12722:1992(ABNT,1992).

a) Levantamento das informações e dos dados: pesquisa das condições existentes e das necessidades atuais e futuras do cliente, direcionando-se o produto final. Responsabilidade: cliente junto com o escritório de arquitetura.

b) Programa de Necessidades: verificações junto ao cliente acerca das necessidades bem como as expectativas a serem atingidas ao final da obra, tanto nos aspectos qualitativos quanto quantitativos. Responsabilidade: o cliente indica suas necessidades e as ideias são organizadas pelo Arquiteto.

c) Estudo de Viabilidade: é realizada uma análise técnica da coordenação, quanto aos quesitos legais e econômicos a respeito dos projetos, averiguando com o cliente se suas necessidades estão de acordo com a legislação vigente, investimentos a serem custeados e área a ser construída. Responsabilidade: nesta fase exige-se um relacionamento entre os projetistas, clientes, construtores e possíveis incorporadores.

d) Estudo Preliminar: apresenta a solução arquitetônica adotada, como o número de pavimentos da edificação, altura do empreendimento, implantação adotada devido às necessidades do cliente, mas sem detalhamento definitivo. Responsabilidade: arquiteto, podendo sofrer alguma alteração pelo cliente.

e) Anteprojeto: é desenvolvido a partir dos estudos preliminares aprovados pelo cliente, com a solução arquitetônica decidida. Nesta etapa são apresentadas as especificações técnicas e a parte gráfica, não levando em conta escalas. Entretanto, são indicadas formas construtivas e pré-dimensionamento de alguns projetos a fim de levantar custos da obra. Responsabilidade: arquiteto, o cliente pode opinar no projeto assim como os demais projetistas, além do coordenador de projetos.

f) Projeto Legal: com o projeto arquitetônico contendo todas as exigências e necessidades do cliente, atendendo as normas vigentes, os projetos são submetidos aos órgãos públicos competentes, visando adquirir as respectivas licenças e alvarás para a sua execução. Responsabilidade: escritório de arquitetura reúne os projetos complementares provenientes de outros projetistas e os encaminha aos órgãos competentes.

g) Projeto Executivo: constitui o projeto final, contendo todas as informações para a execução da obra, incluindo a compatibilização dos projetos complementares, as medidas em suas escalas apropriadas, informações detalhadas

para orçamento de materiais e mão de obra. Responsabilidade: escritório de arquitetura e os projetistas complementares e seu coordenador de projetos.

h) Detalhes Construtivos: são desenhos complementares em escalas apropriadas a fim de detalhar algum elemento do projeto executivo, para que fique melhor explicado. Responsabilidade: projetistas responsáveis pelos projetos arquitetônicos e complementares.

i) Projeto para produção: ajuda no planejamento e na construção do empreendimento, visando obter, um controle de tempo dos materiais ou equipamentos que serão utilizados. Responsabilidade: arquiteto, projetistas dos complementares e coordenador de produção.

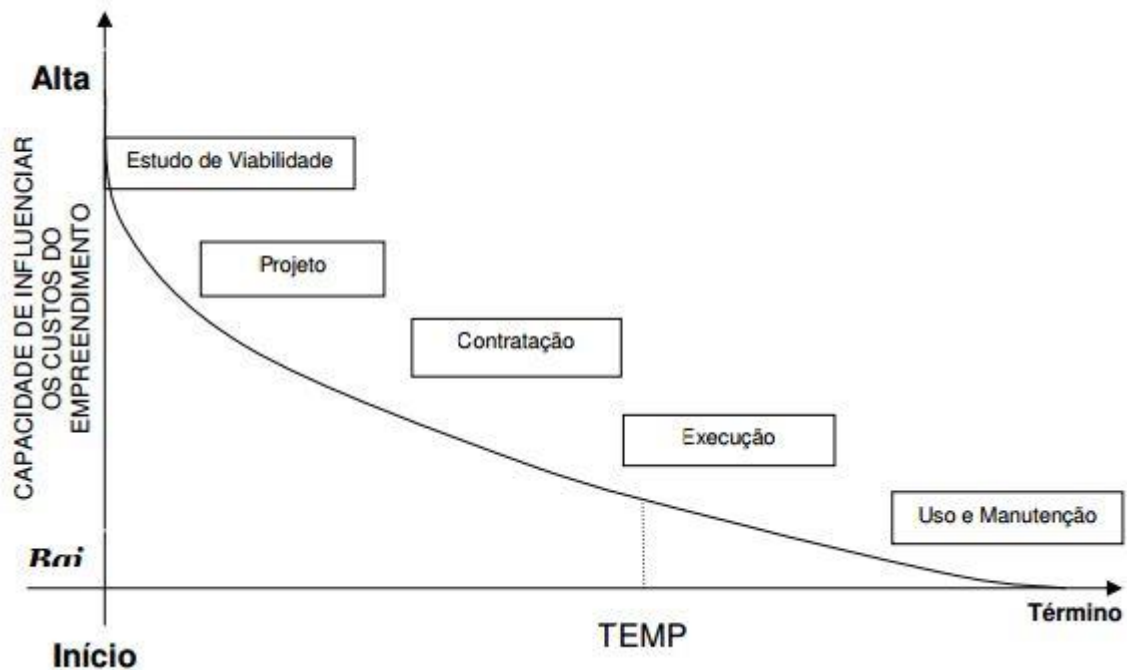
j) Caderno de Especificações / Memorial Descritivo: descrição do projeto em que será detalhado o tipo de material a ser empregado e respectivo locais, cores, marcas, tipos de esquadrias, tipo de revestimento, etc. Responsabilidade: profissionais qualificados para a função.

k) Projeto AS BUILT: é o projeto que demonstra a execução em obra, as alterações de projeto que ocorreram na execução da obra; muito usado para manutenções futuras. Responsabilidade: engenheiros que executaram a obra.

## 2.3 INFLUÊNCIA DO PROJETO NO CUSTO TOTAL DO EMPREENDIMENTO

A construção civil está cada vez mais voltada à eficiência de se construir com qualidade e com o menor custo possível. Com isso, é inevitável não se falar no custo de projeto, sabe-se que influência no custo total de um empreendimento ou de uma obra, sua consequência está ligada aos detalhes e ao profissionalismo o qual é produzido. Trabalhar profissionalmente o projeto representará na certa, uma boa economia o que fará com que as empresas tenham um aumento na sua lucratividade.

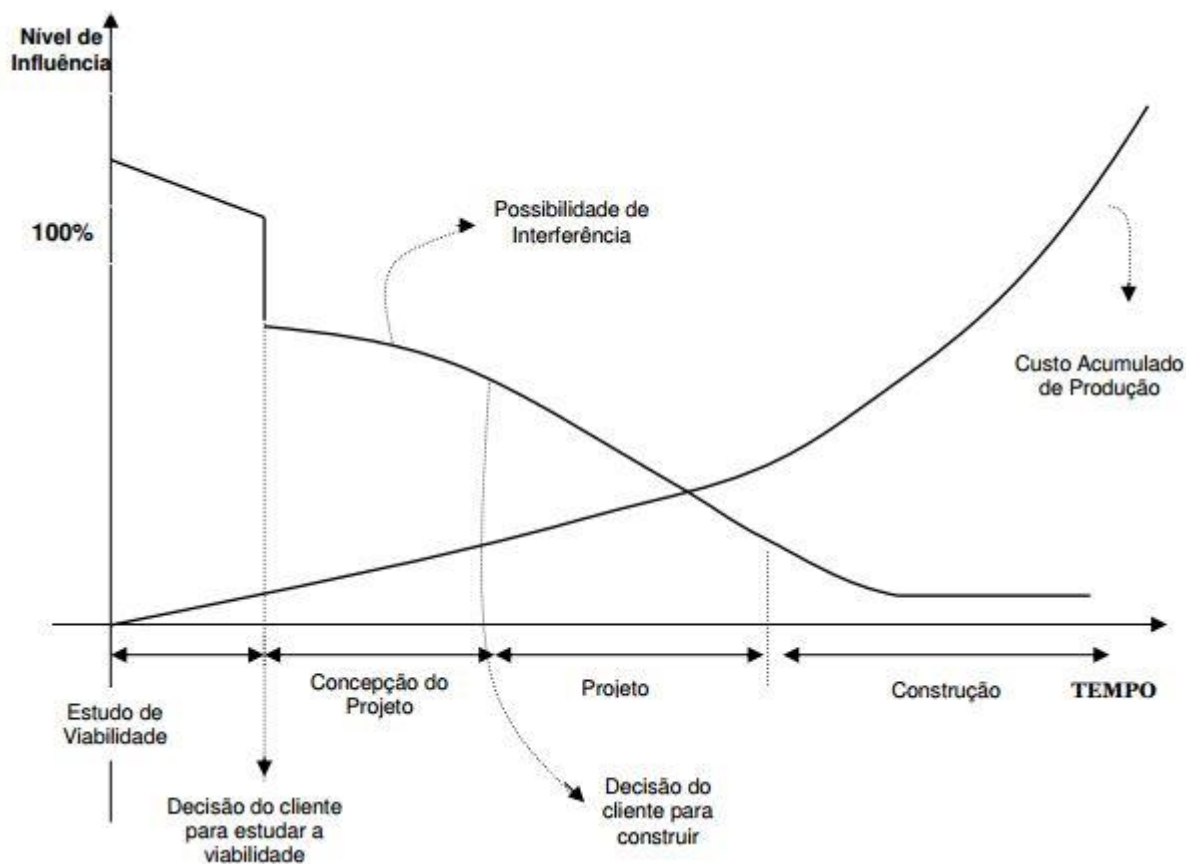
Com interesse de estudar o custo das diversas etapas de processo construtivo a Construction Industry Institute em 1987 elaborou a seguinte pesquisa cujos dados são apresentados na figura 1 abaixo.



**Figura 1: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo de suas fases**

**Fonte: Construction Industry Institute (1987).**

Hammarlund & Josephson (1992), afirmam que as decisões tomadas nas fases iniciais de empreendimento são as que mais tem capacidade de influenciar na redução de custos e de falhas futuras. Observa-se que nas fases iniciais do empreendimento é onde o índice de falhas é maior, devido aos inúmeros serviços envolvidos, tornando maior a dificuldade de resolvê-las. O gráfico da figura 2 exhibe o avanço do empreendimento em relação a chance de redução dos custos de falhas.

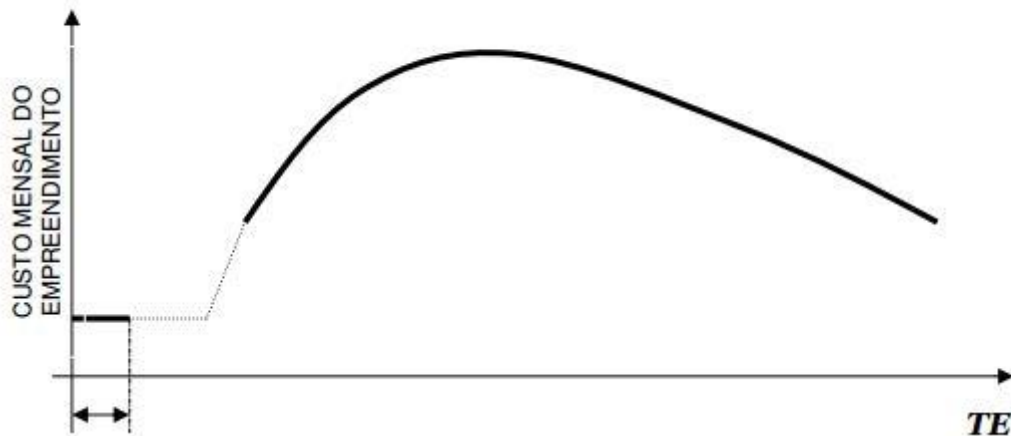


**Figura 2: O avanço do empreendimento em relação a chance reduzir o custo de falhas**

**Fonte: Hammarlund & Josephson (1992)**

Nota-se, portanto, que, o custo total é determinado nas fases iniciais do projeto, ou seja, nas etapas de estudo de viabilidade e na elaboração do projeto. Contudo, as decisões tomadas nas fases iniciais representam a influência sobre os custos da construção. Conclui-se que quanto mais apressada for a fase de projeto, mais difícil torna-se para reduzir custos totais do empreendimento. (SOUZA et al, 1995).

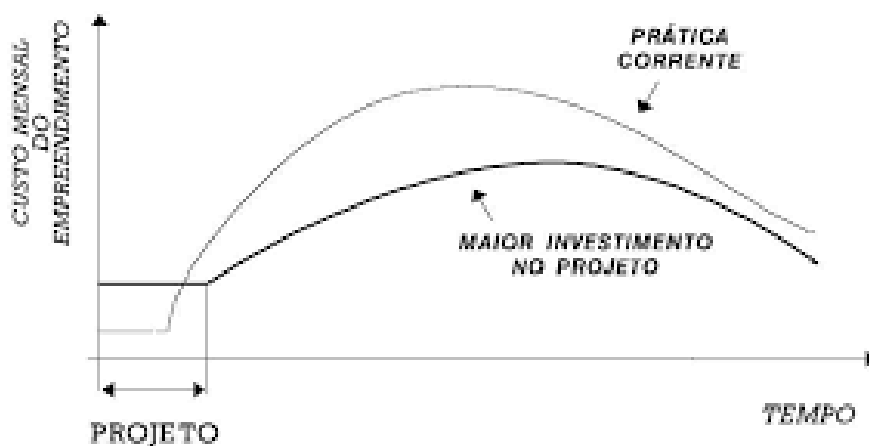
Barros e Melhado (1993) mostra a relação do prazo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo mensal das atividades envolvidas, através da figura 3.



**Figura 3: Relação entre o tempo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo mensal das atividades, com a ideia de um maior investimento no tempo de projeto**

Fonte: Barros & Melhado (1993)

Observa-se que o projeto é realizado em um período muito curto e restrito com relação a todo o processo de desenvolvimento da obra. Certamente, seria necessário maior investimento em custos e também em prazos para o desenvolvimento de um projeto melhor elaborado e mais detalhado, afim de eliminar atrasos no cronograma, retrabalhos, incompatibilidade entre projetos e dificuldades de interpretação. A figura 4 mostra que um maior espaço de tempo de projeto reduz o custo da obra.



**Figura 4: Relação entre o tempo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo mensal das atividades**

Fonte: Barros & Melhado (1993)

Garcia Messeguer (1991), afirma que um projeto bem elaborado é a melhor forma de garantir o sucesso do empreendimento. A expectativa por uma maior qualidade do projeto deve corresponder também a uma melhor remuneração dos profissionais responsáveis por sua concepção.

Na construção civil até então não há uma cultura que busque implantar qualidade nas etapas iniciais do empreendimento, e sim quanto as novas técnicas construtivas. Porém essa é uma preocupação que as gerações de profissionais que estão entrando no mercado vêm se atendo, trazendo uma perspectiva de melhoria para o setor da construção civil.

## 2.4 COORDENAÇÃO DE PROJETOS

O aumento acentuado da competitividade no setor da construção civil, tem levado as empresas construtoras a gerenciarem de modo mais eficiente seus projetos, buscando otimizar seus empreendimentos com menor índice de retrabalhos e desperdícios, com o objetivo de alcançar um diferencial de mercado. O principal requisito para alcançar essa melhoria é a coordenação eficaz do processo de projeto, desde a etapa de concepção até a finalização da obra (VANNI, 1999).

Diante disso, faz necessário a coordenação das diversas etapas do processo de produção, com a otimização de todos os recursos que estão envolvidos com a produção, desde o início do empreendimento. Contudo, é visível a importância de organizar o processo de produção a partir da etapa de projeto, determinando um adequado controle e mecanismos de retroalimentação, envolvendo no processo de produção do empreendimento tanto os projetistas quanto os executores (BARROS,1996).

Cardoso (1998) acredita que apesar da importância dos projetos na construção civil ser consensualmente reconhecida, as construtoras ainda se mantem as margens do processo de projeto que os escritórios e profissionais contratados realizam, cujos os vínculos são restritamente comerciais.

O grande responsável pela dificuldade de se obter uma qualidade desejada no setor da construção, é a falta de um sincronismo entre os diversos sistemas que compõem uma edificação, a falta de interação entre os diversos projetos e entre os

projetos e a execução. Porém nos últimos anos está havendo um maior interesse das empresas em integrar essas atividades buscando uma maior produtividade.

Fabrizio e Melhado (1998), afirmam que “a desarticulação entre projeto e produção e a improvisação nas obras vêm sendo apontados como importantes responsáveis pela baixa produtividade e o incipiente controle da qualidade nos processos”.

A falta da integração entre os projetistas, resulta na elaboração de projetos de poucos detalhes e os que compõem quase sempre são incoerentes, sem planejamento das atividades não tendo conhecimento da sequência de execução das tarefas da obra. E como consequência, o processo de projeto não é eficiente prejudicando a construtibilidade e resultando em execuções de obra com pouca qualidade.

Baía (1998) apresenta um conjunto de fatores tem sido atribuído para a não-qualidade ao processo de elaboração de projetos

- a) Falta de metodologias adequadas quanto à interpretação das necessidades dos clientes;
- b) Excesso de retrabalho no processo de desenvolvimento do projeto ocasionado pela falta de uma coordenação efetiva entre os participantes do processo de elaboração de projeto;
- c) Ausência de um método de controle quanto às informações sugeridas durante o desenvolvimento do processo;
- d) Carência de um procedimento quanto à troca sistemática de informações entre os escritórios de projeto e a obra;
- e) Projetos elaborados isoladamente, sem uma devida coordenação e relacionamento com os demais integrantes da equipe;
- f) Falta de interpretação de normas de projeto;
- g) Adoção de informações desatualizadas;
- h) Decisões tomadas durante o desenvolvimento dos projetos, em geral, não considerando as particularidades da produção das edificações.

Decorrente dos fatos analisados, as empresas no Brasil estão modificando as etapas de processo de produção como projeto, planejamento, execução e controle, recursos humanos, atendimento as exigências dos usuários na fase de projeto e na fase de pós-ocupação, afim de estabelecer padrões para contratação de projetistas. Incorporado a este fato, existem a realização de uma efetiva coordenação de projetos;

a definição do processo construtivo e realização de controle de produção nas obras, procedimentos de correção dos desvios ao longo do processo; introdução de recursos computacionais de forma a facilitar a compatibilização das interferências; retroalimentação e documentação das informações relativas às alterações feitas em obras (SOUZA & SABBATINI, 1998).

## 2.5 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Segundo Ashley (1992) a engenharia simultânea é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado de produtos que ressalta o atendimento das expectativas dos clientes. Abrange valores como trabalho em equipe, cooperação, confiança e compartilhamento de decisões. Para Ellis (1995), a engenharia simultânea é o ambiente do desenvolvimento do projeto auxiliado pelo computador que permite avanços durante seu ciclo de vida.

Callegari (2007) enfatiza que a engenharia simultânea é a valorização do projeto e das primeiras fases de elaboração do produto com foco total na eficiência do processo produtivo e na qualidade do produto.

O aumento da complexidade dos produtos com novas tecnologias incorporadas no processo construtivo e o aumento no tempo de desenvolvimento do produto fez com que as empresas, buscassem antecipar o início de atividades que, anteriormente dependiam da conclusão de demais etapas. Desse modo, elevou-se o grau de paralelismo das atividades de projeto e construção (PEDRINI, 2012).

A engenharia simultânea que tem como objetivo integrar as diversas etapas durante o processo de elaboração dos projetos de forma a prever e a eliminar os problemas antes da execução. Com a adesão da engenharia simultânea é normal haver uma modificação na estrutura organizacional da empresa por exigir a formação de equipes multidisciplinares, treinamento, maior integração entre todos os participantes do processo e inserção o de novos métodos e procedimentos (FABRICIO & MELHADO, 1998).

## 2.6 COMPATIBILIZAÇÃO

Buscando otimizar o setor da construção civil e reduzir custos, técnicos e empresários da área tem investido na padronização dos processos, dentro disso encontra-se a integração dos projetos. A compatibilização para Melhado (2005) é a sobreposição dos projetos de diferentes especialidades para verificar as interferências entre eles, e os problemas são destacados para que a coordenação de profissionais possa agir sobre eles e criar soluções. Afirma, ainda, que a compatibilização deve ocorrer com os projetos já concebidos, operando como uma “malha fina”, na qual possíveis interferências possam ser identificadas.

Silva (2004) afirma, que com o passar dos anos os empreendimentos se tornaram mais complexos e o número de sistemas complementares teve um aumento expressivo, motivo para que a compatibilização fosse necessária, impedindo que as soluções dimensionais e tecnológicas não se cruzassem.

A compatibilização de projetos é uma atividade de gerenciamento, onde realiza-se a integração das especialidades, tem como função a verificação de possíveis interferências entre os vários sistemas, apontando e sugerindo adequações necessárias para o perfeito ajuste entre as especialidades envolvidas, em distintas etapas da elaboração do projeto. Tornando-se uma atividade intrínseca do mesmo, simplificando a execução, antevendo eventuais erros e minimizando conflitos e retrabalhos durante obra.

Com base no projeto arquitetônico que o processo de compatibilização inicia, de preferência na etapa de estudo preliminar, onde há mais flexibilidade de alterações e possibilidade de um desenvolvimento compatível com os projetos complementares.

Para que se atinjam os objetivos da compatibilização, o papel do compatibilizador se torna muito importante. Solano (2005) citou algumas das funções do compatibilizador:

- a) Respeitar o cronograma de desenvolvimento do projeto;
- b) Observar o cronograma da obra para que este não seja afetado pelo dos projetos;
- c) Respeitar os custos de projetos para que não sejam exagerados;
- d) Manter o custo final da obra, obstando alterações;
- e) Lembrar que o objetivo principal é a satisfação do cliente;

- f) Manter o padrão do produto final;
- g) Manter os construtores informados das mudanças.

## 2.7 VERIFICAÇÃO DE INCONFORMIDADES

A elaboração de projetos por profissionais diferentes sem a devida compatibilização entre eles, provoca consequências negativas para a obra exigindo um maior índice de retrabalho, gerando um prolongamento de prazo e extrapolação de cronogramas, ainda uma elevação no custo final da obra.

A compatibilização é um processo dinâmico onde identifica as inconformidades e com isso são analisadas e solucionadas, evitando possíveis falhas na concepção até a execução da obra.

Os variados projetos e sua compatibilização são resultantes da junção dos profissionais e agentes envolvidos, cada um com sua formação técnica e experiências distintas, com variadas visões sobre um mesmo processo.

Na fase de concepção do projeto, a compatibilização permite a alimentação das etapas, readequando e propondo novas soluções, buscando sempre a melhoria e a eficiência do projeto.

Araújo (2000) aponta na fase de concepção de projeto que é crucial a interação da equipe, agregando valor ao processo de projeto. Confirma ainda, que garantindo uma alta qualidade e agilidade no início do projeto, pode-se evitar mudanças necessárias no produto, se a qualidade almejada não for alcançada.

Para Melhado (2006), o adiamento de decisões, principalmente nas etapas iniciais da fase de projeto, potencializa uma ampla quantidade de erros e retrabalho para todos os agentes envolvidos e integra uma fonte expressiva de desperdícios, com resultados negativo sobre a qualidade do produto final entregue. Lembra ainda, que deve se preocupar em contratar todos os projetistas, na etapa de elaboração e concepção inicial do empreendimento, a fim de impedir problemas futuros de incompatibilidade de projetos.

A análise das inconformidades entre os projetos promove benefícios para o processo de projetos, através da sua adaptação, onde possíveis ações corrigidas são tomadas buscando aperfeiçoamento e melhoria tanto no projeto quanto na execução

da obra.

Durante a análise de inconformidades, aumenta o comprometimento dos profissionais envolvidos, desenvolvimento a troca de conhecimento e experiência.

### 3 BIM

#### 3.1 CONCEITO

“*Building Information Modeling – BIM*” é um o modelo digital constituído por um banco de dados que admite acrescentar informações para diversos fins, além de proporcionar um aumento de produtividade e racionalização do processo. Também conhecido como Modelagem da Informação da Construção.

Eastman et al. (2008) afirma, que a tecnologia BIM admite a concepção de um modelo composto por dados geométricos e várias informações relativas as atividades envolvidas na execução da obra (planejamento, projeto, construção, etc.)

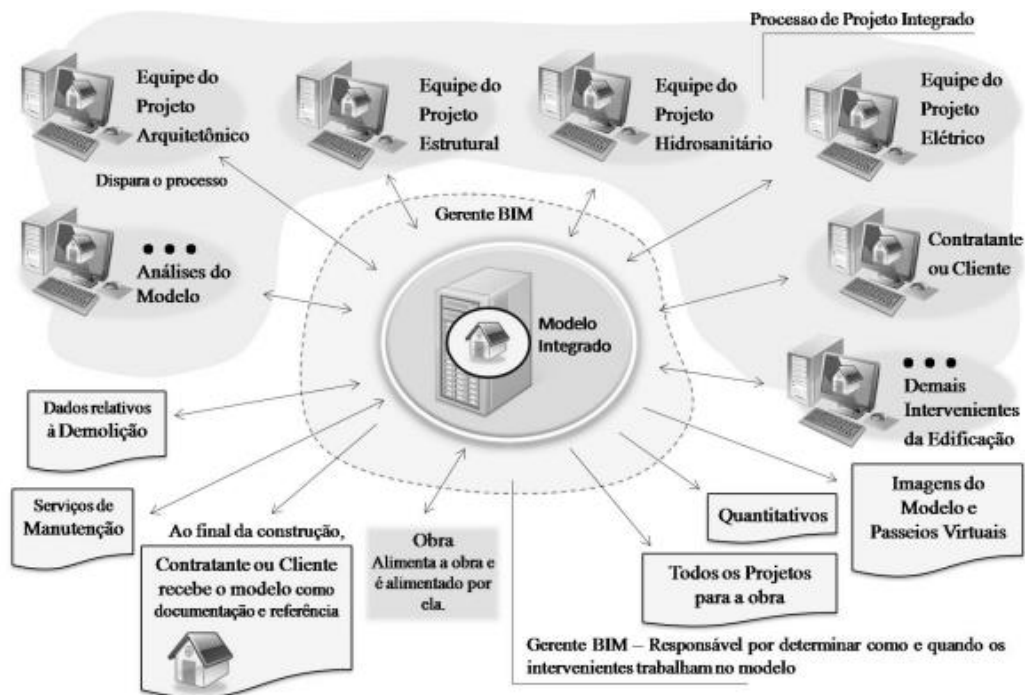
Kymmell (2008) define o BIM como uma plataforma composta por modelos 3D, projetando uma simulação da obra em questão, que abrigam todos os dados necessários relativos ao projeto e ao produto seja no planejamento construção operação e desmobilização.

Ferreira (2005) afirma que o modelo BIM “é mais do que o Modelo de um Produto (Product Modeling) já que procura modelar todos os assuntos relativos à edificação: produtos, processos, documentos, etc.”

Os sistemas computacionais baseados em BIM permitem a construção do edifício no ambiente virtual com todos os seus elementos, a partir de softwares que irão simular a construção. Conformando um modelo de onde podem ser extraídos uma variedade infinita de cortes e vistas.

Consiste na formulação de um protótipo digital da obra que possibilita uma serie de experimentos e ajustes no projeto antes que se concretize, permitindo a consideração antecipada de vários aspectos referentes à edificação (KYMMEEL,2008).

A figura 5 apresenta o esquema de funcionamento da plataforma BIM, constituído por um modelo integrado de todo o processo de projeto.



**Figura 5: Esquema de funcionamento da plataforma BIM**

**Fonte: Revista Técnica (out/2007).**

Camphbell (2007) apresenta seis características do sistema BIM:

- I. Digital (permite a simulação do projeto e da construção);
- II. Espacial (admite representação em 3D);
- III. Quantificável (informações podem ser quantificadas);
- IV. Compreensivo (guarda informações relativas ao design, performance, sequência de execução da construção, aspectos financeiros);
- V. Acessível (formato acessível e disponibilidade de informações para todos os participantes);
- VI. Durável (aplicável a todas ao longo de todo ciclo de vida do empreendimento; projeto, construção, manutenção).

Kymmell (2008) ressalta que o uso de modelos 3D permite que o entendimento do projeto seja acessível a todos, não sendo limitada apenas àqueles que conhecem as simbologias e representações de desenho. Com isso, facilita o entendimento dos clientes e do usuário final e contribui para formulação de soluções mais alinhadas às suas necessidades.

Birx (2006) cita algumas vantagens obtidas com o uso da tecnologia BIM:

- I. Facilidade na coordenação dos projetos (as interferências entre os elementos podem facilmente notadas sendo destacadas visualmente);

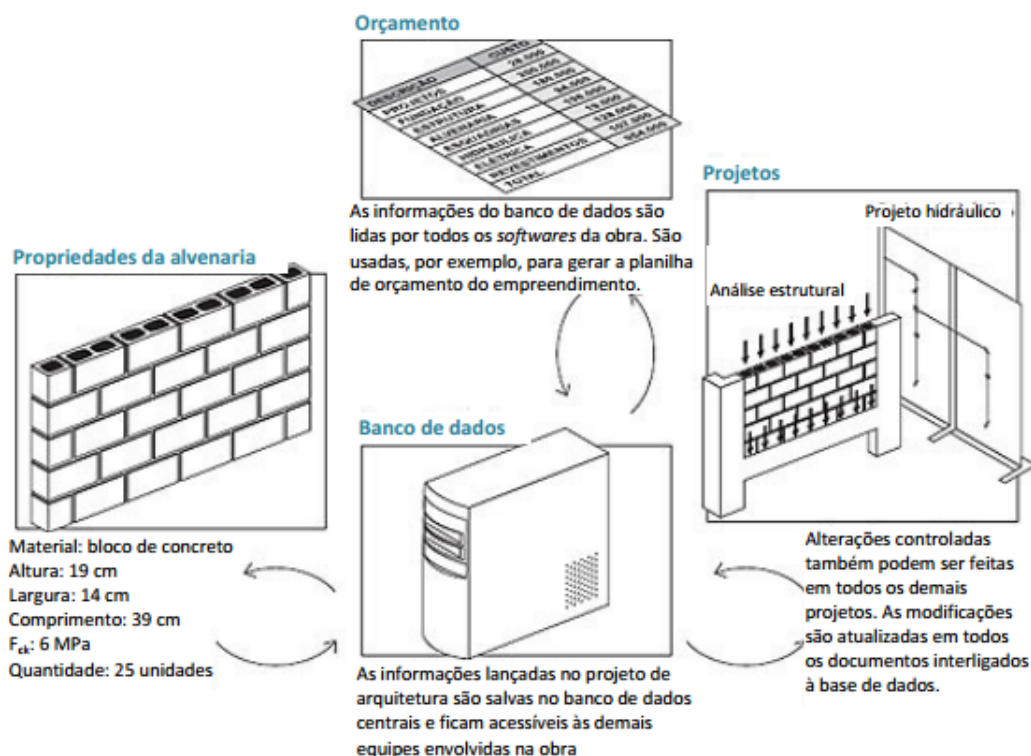
- II. Redução de carga horaria por projeto (redução de custo através da redução as horas trabalhadas no projeto);
- III. Maior qualidade de projeto e de detalhes; já que se gasta menos tempo com representações gráficas;
- IV. Mais controle das informações de projeto, já que o BIM se torna banco de dados central das informações do projeto como um todo;
- V. Expansão do mercado de atuação da empresa, pois gera novos produtos onde o escritório pode ofertar, como imagens, estimativas de custos, quantitativos;
- VI. Instrução a jovens arquitetos, que precisam elaborar soluções construtivas em pouco tempo, melhorando a qualidade de projeto nas etapas iniciais;
- VII. Grande facilidade no gerenciamento de mudanças no projeto.

### 3.2 AUXÍLIO NA COMPATIBILIZAÇÃO

Conhecendo as características do sistema BIM o qual nos interessa no presente trabalho está relacionada a representação e visualização em três dimensões. Essas visualizações irão auxiliar a verificação de incompatibilidades, facilitando a análise de pontos diversos sobre o projeto e a busca por soluções.

Várias questões de projeto que, tradicionalmente só seriam percebidas em etapas futuras, poderão ser resolvidas pelos projetistas logo nas fases iniciais, diminuindo retrabalhos por conta de alterações e ajustes de projeto (SOUZA,2009).

Ao contrário dos tradicionais desenhos CAD's, onde o computador 'entende' uma parede desenhada apenas como um conjunto de linhas (*layers*), nos softwares BIM, ao desenhar uma parede, o projetista deve atribuir-lhe propriedades (tipo de blocos, dimensões, tipo de revestimento, fabricante, etc.) que serão contidas no banco de dados. Ou seja, possuem características de paredes e posteriormente esses dados podem ser convertidos em tabelas ou planilhas de quantitativos de materiais facilitando o orçamento do projeto para a equipe que o gerar. A representação do desenho no sistema BIM pode ser observada na figura 6.

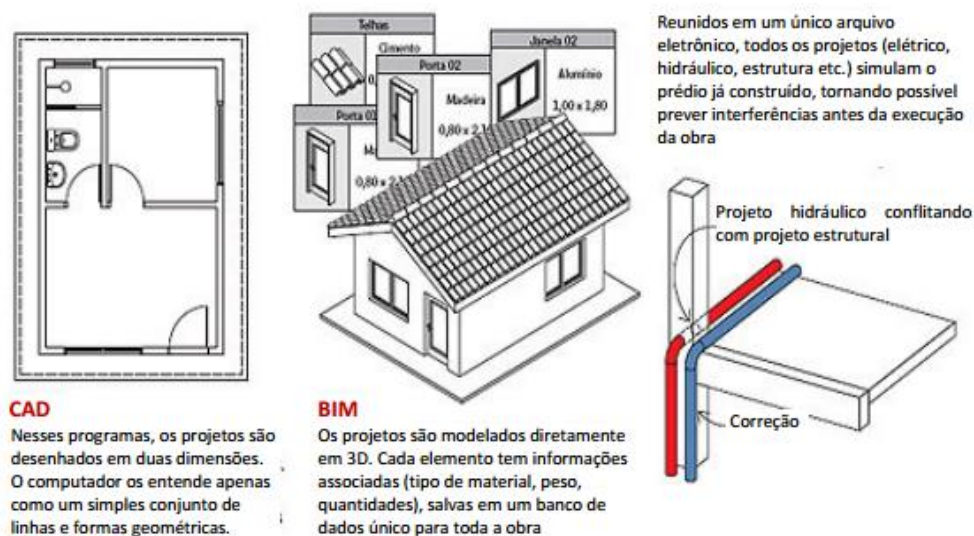


**Figura 6: Representação do desenho em BIM**

Fonte: Revista Técnica (out/2007).

Com os programas do tipo BIM, os projetos são elaborados já em três dimensões, mas por serem indispensáveis para as equipes de execução que ainda não se adaptaram ao 3D, os modelos 2D continuam existindo no BIM. Assim, como todos os outros documentos, esses arquivos eletrônicos estão permanentemente ligados ao banco de dados da obra. Por isso, qualquer mudança realizada no modelo tridimensional é automaticamente atualizada em todos os arquivos bidimensionais e vice-versa, dispensando revisões mais detalhadas.

Em projetos complexos a vantagem é mais visível, com vários sistemas e centenas de plantas e cortes. A longo prazo um dos maiores problemas da coordenação de projetos tende a desaparecer, as interferências entre os sistemas. A figura 7 apresenta as diferenças do *software* CAD e o do sistema BIM.



**Figura 7: Diferença entre CAD e BIM**

**Fonte: Revista Técnica (out/2007).**

Segundo Faria (2007), em 2007 já existiam os seguintes softwares que suportavam a tecnologia BIM: Active3D (Archimen), Revit (Autodesk), Allplan (Nemetschek), Archicad (Graphisoft), DDS-CAD (Data Design System), MicroStation (Bentley), Solibri, Telka Structures, VectorWorks.

### 3.3 REVIT BUILDING

Neste trabalho utilizou-se do *software Revit Building* plataforma da *Autodesk*, é criado dentro do conceito de modelagem das informações de construção, permitindo o usuário projetar com a modelagem paramétrica dos elementos. O *software Revit* foi desenvolvido para possibilitar que os profissionais de projeto e construção produzam suas ideias, da concepção até a elaboração, usando modelos coordenados e consistentes. Esse *software* contém recursos para projeto de arquitetura, de construção, estrutural, hidrossanitário elétrico e mecânico.

Projetos que usam o *Revit* possuem uma grande vantagem competitiva, fornecendo melhor coordenação e qualidade e ainda contribui para uma maior interação entre os arquitetos e o restante da equipe.

O *Revit* identifica a espessura necessária ao traçado em corte e em vista,

criando uma hierarquia de linhas (quais elementos devem ser representados com linhas grossas ou finas), altera as alturas de textos, de cotas e símbolos, automaticamente conforme a mudança de escala; executa automaticamente cortes e fachadas conforme o comando do projetista; nomeia e numera automaticamente os desenhos nas pranchas; e ainda permite a realização de maquete eletrônica automaticamente com foto-realismo e animação gráfica tornando-se, dessa forma, um software completo para escritórios de arquitetura e engenharia.

O eixo principal da plataforma *Revit* é a engrenagem de parametrização, onde qualquer alteração no modelo acarreta mudanças em todos os documentos do projeto, sejam eles cortes, vistas, fachadas, quantitativo, etc.

Escritórios no Brasil que possuem parcerias em projetos no exterior estão sendo obrigados a migrar para o *Revit* com a finalidade de trabalhar em um servidor web, onde um mesmo arquivo do *Revit* é capaz de possuir diversas equipes trabalhando em vários locais diferentes; uma atualizando a outra de forma automática, e ainda assim, possuindo um controle sobre o que cada um pode fazer ou não dentro desse projeto.

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 METODOLOGIA

O projeto tem como objetivo demonstrar a importância da compatibilização e interação entre os diversos projetos que compõem um empreendimento, além da familiarização com o *software Revit building*. Sendo assim, esta pesquisa aplicada possui objetivo exploratório, que é definida por Gil (2007) como uma pesquisa para proporcionar uma maior familiaridade com o problema, com a finalidade de torna-lo mais explicativo ou construir hipóteses. Na grande maioria essas pesquisas envolvem um levantamento bibliográfico ou um estudo de caso.

Este trabalho é desenvolvido em quatro etapas distintas, iniciou-se através de uma pesquisa bibliográfica em artigos e trabalhos científicos relacionados ao tema. Posteriormente tendo conhecimento do tema, é feita a escolha da unidade de pesquisa, que se refere a uma residência unifamiliar, localizada no município de Pato Branco, onde será realizado o estudo de caso.

Após a delimitação da unidade de pesquisa, deu-se início as visitas ao local da obra escolhida para extrair dados e recolher os projetos existentes. A segunda etapa compreende na aprendizagem e familiarização com o *software Revit building* mencionado no trabalho como a ferramenta em que realizará a compatibilização dos projetos.

A terceira fase está relacionada a utilização do *software* realizando a parte prática do trabalho, compatibilizando o projeto arquitetônico e o estrutural, onde pretende-se apresentar as possíveis falhas de interferências entre os projetos.

A última etapa consiste em verificar as inconformidades encontradas com o que foi executado em obra, afim de especificar custos de algumas das interferências encontradas com o intuito de comparar o gasto caso fosse realizada a compatibilização, com o gasto do retrabalho pela falta da pratica de compatibilizar os projetos. Objetivando assim, expor a real importância da compatibilização de projetos para obras em geral com o intuito de propagar a pratica diminuindo custos e retrabalhos, e também, aumentando significativamente a qualidade das obras.

## 5 ESTUDO DE CASO: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

O método usado nesse trabalho tem como base o estudo de caso referente a um projeto residencial unifamiliar, localizado na cidade de Pato Branco. A obra possui 283,90m<sup>2</sup> de edificação e divide-se em dois pavimentos, térreo e superior, além da fundação e cobertura.

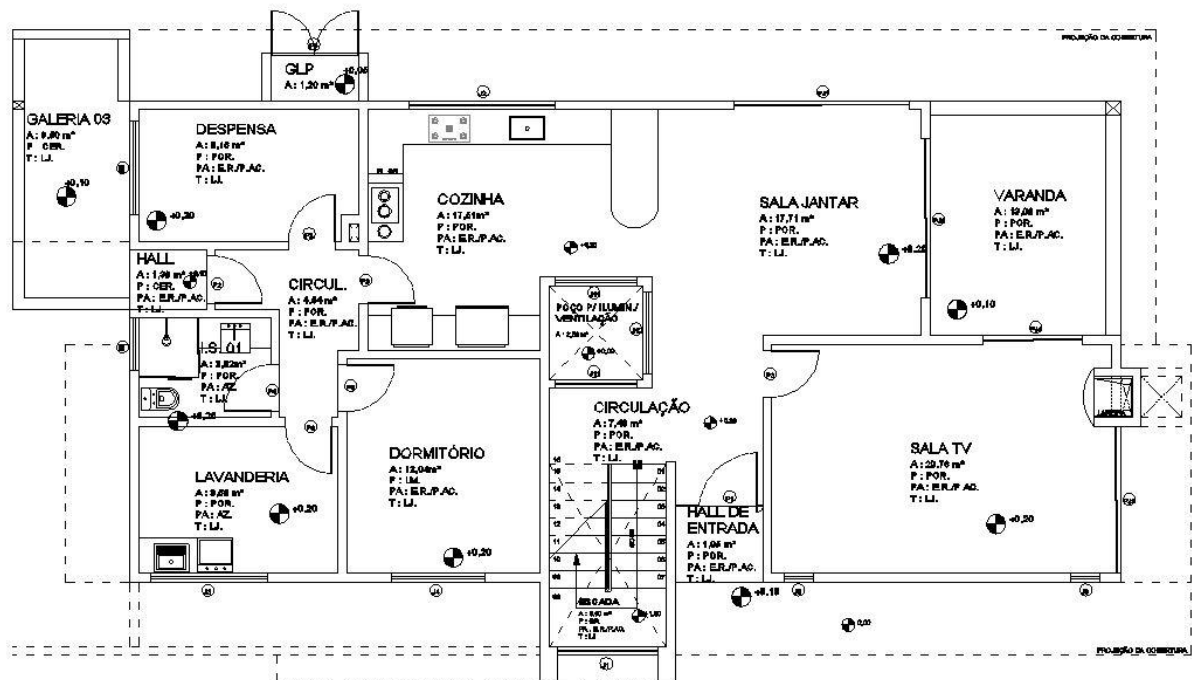
Os projetos foram cedidos por um escritório de projetos com autorização do proprietário, ambos mantidos em sigilo por questões éticas.

### 5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PROJETOS

#### 5.2.1 Arquitetônico

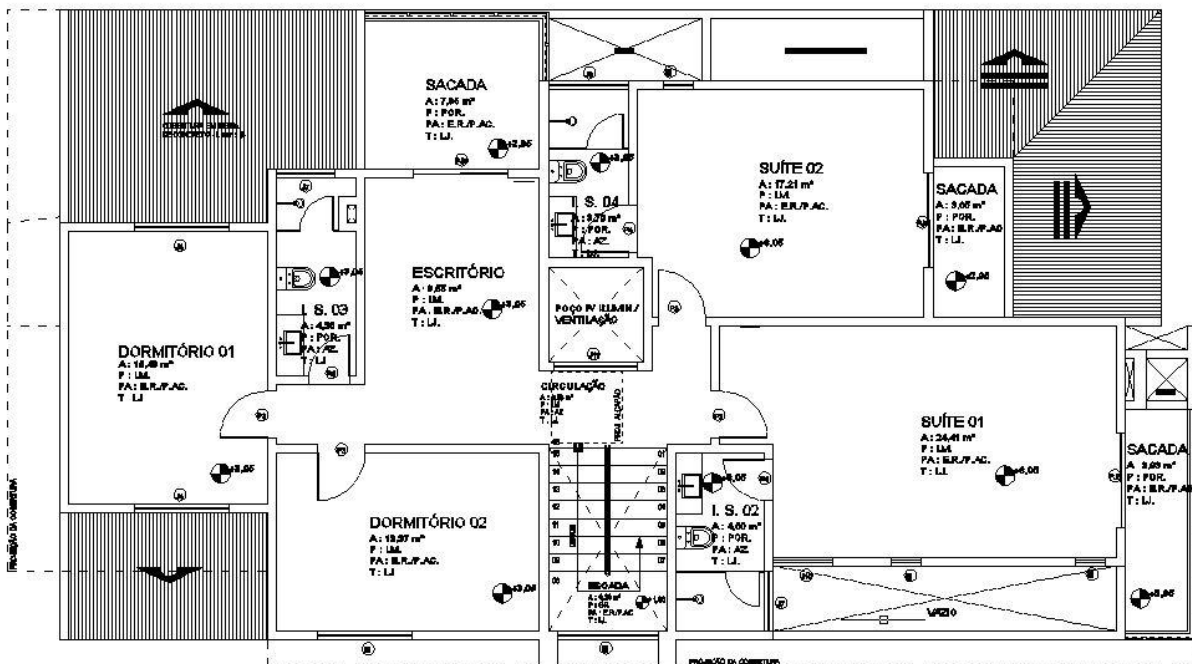
A edificação em estudo tem uma área construída de 283,90m<sup>2</sup>. O pavimento térreo possui 148,96m<sup>2</sup> e o pavimento superior dispõe de 134,94m<sup>2</sup> de área.

O projeto foi elaborado pelo arquiteto conforme as necessidades do cliente, afim de atender as expectativas e o conforto desejado. O pavimento superior conforme mostra a figura 8 contempla os seguintes ambientes: hall de entrada, sala de TV, varanda, sala de jantar, cozinha, despensa, lavanderia, dormitório, banheiro e um poço de ventilação.



**Figura 8: Planta baixa pavimento térreo**  
**Fonte: Adaptado do projeto da empresa (2015).**

O pavimento superior ilustrado na figura 9, conta com a parte íntima da residência, duas suítes, dois dormitórios, banheiro, escritório, três sacadas e o poço de ventilação.



**Figura 9: Planta baixa pavimento superior**  
**Fonte: Adaptado do projeto da empresa (2015).**

A planta de cobertura da edificação esta ilustrada na figura 10 abaixo, conta com telhas de concreto que obedecem a inclinação proposta no projeto.

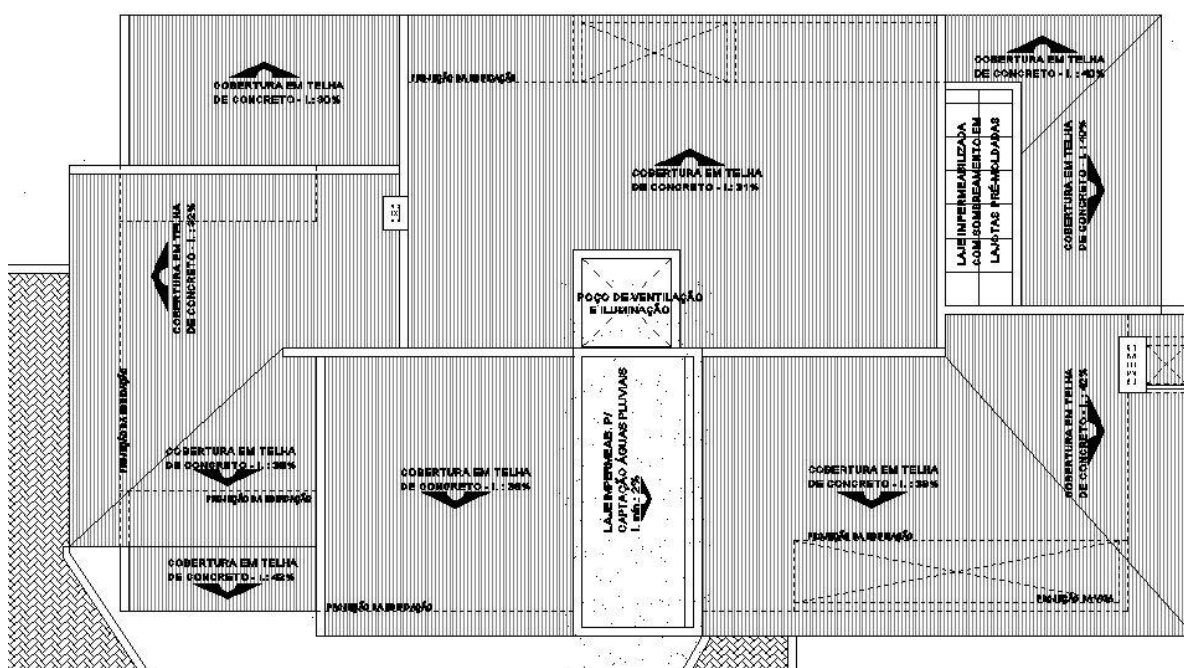


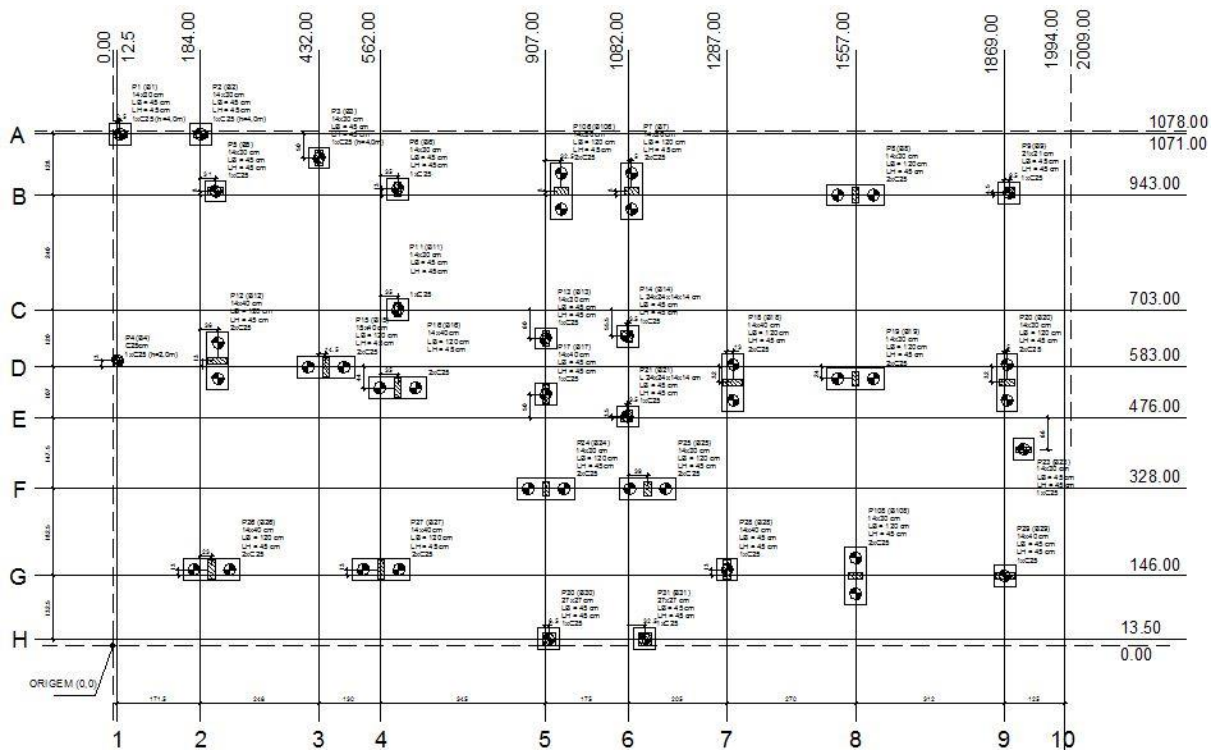
Figura 10: Planta de cobertura  
Fonte: Adaptado do projeto da empresa (2015).

## 5.2.2 Estrutural

O projeto estrutural foi realizado com base no projeto arquitetônico. Após sondagem no terreno, o projetista optou por fundações diretas, do tipo bloco com estacas de concreto, sendo estas com resistência característica a compressão de 25Mpa. As lajes eram todas maciças com altura de 12cm.

Os elementos estruturais como vigas e pilares foram executados *in loco* de concreto armado com resistência característica do concreto a compressão de 25Mpa. Os pilares na sua maioria tinham dimensões variadas de 12x40, 12x30 e 14x40 e as vigas 14x40, 12x40.

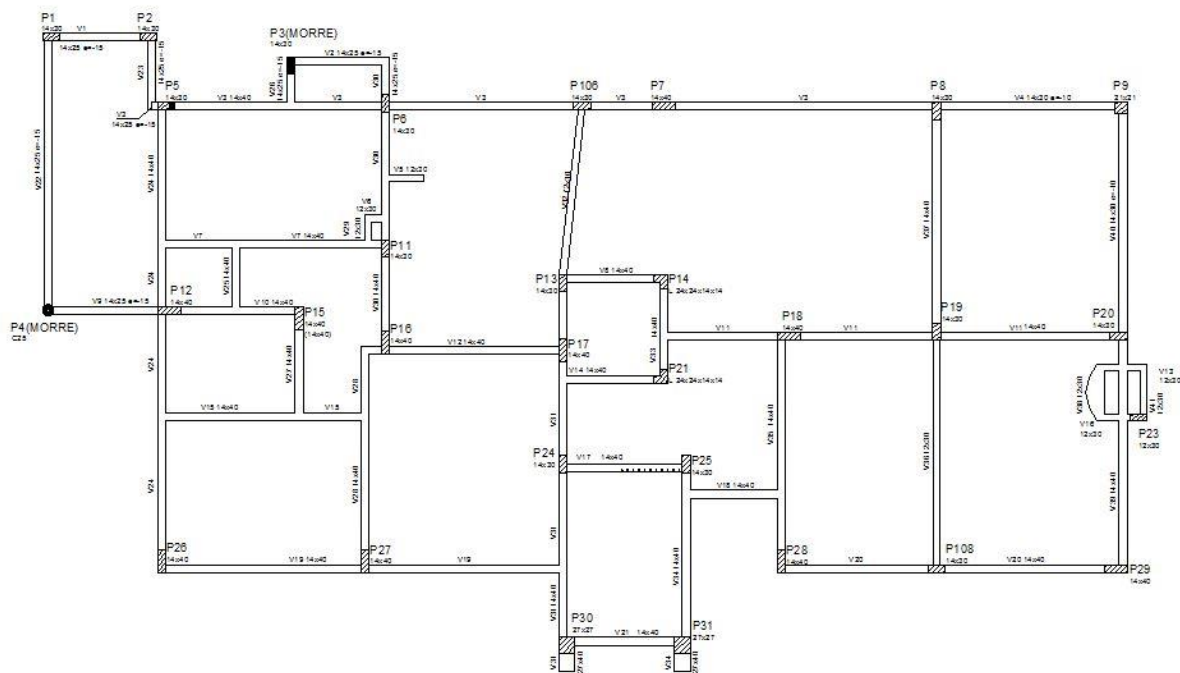
A planta de localização da fundação apresenta-se na figura 11, contendo as estacas, blocos e viga baldrame, além de, informações como cotas e dimensões dos elementos.



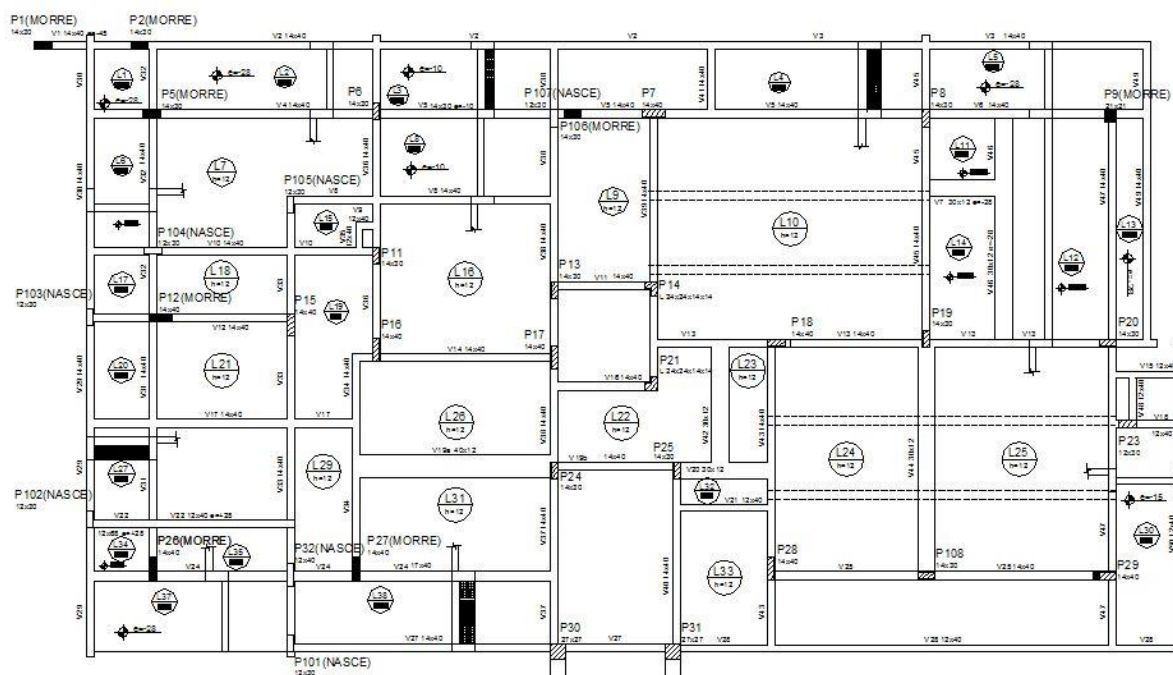
**Figura 11: Planta de forma fundação**

Fonte: Adaptado do projeto da empresa (2015).

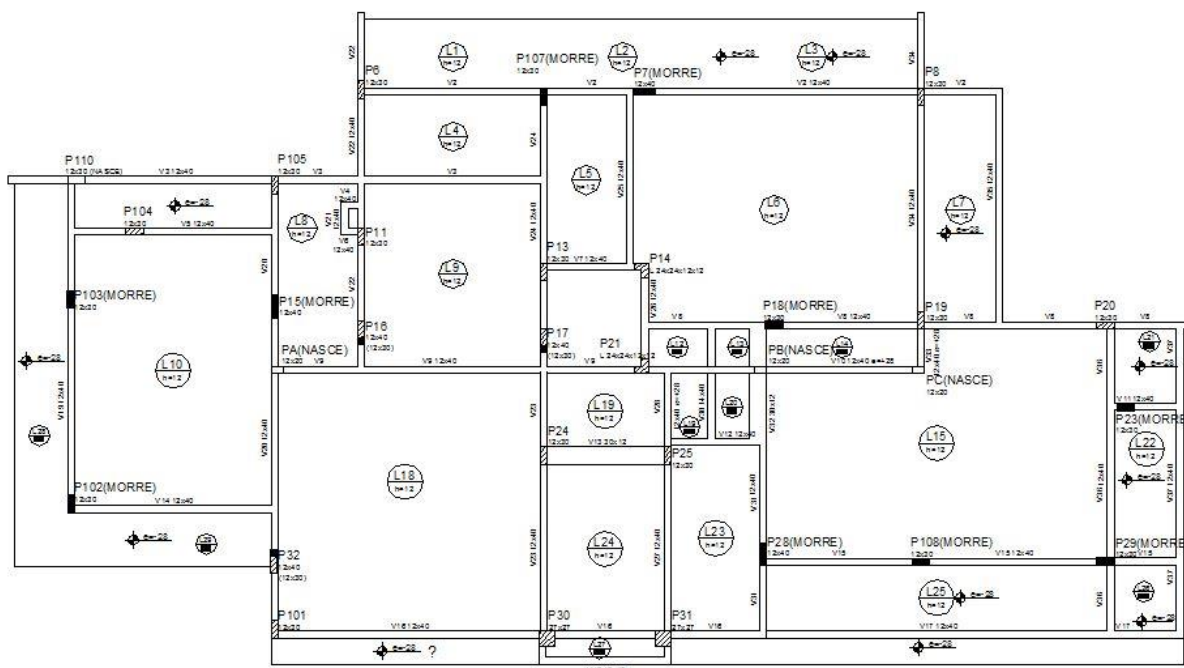
A figura 12 mostra a planta de forma do pavimento baldrame e a figura 13 apresenta a planta de forma do pavimento superior. Logo na figura 14 observamos o estrutural do pavimento cobertura.



**Figura 12: Planta de forma pavimento baldrame**  
**Fonte: Adaptado do Projeto da Empresa (2015).**



**Figura 13: Planta de forma pavimento superior**  
**Fonte: Adaptado do projeto da Empresa (2015).**



**Figura 14: Planta de forma pavimento cobertura**

**Fonte: Adaptado do Projeto da Empresa (2015).**

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO

O presente estudo teve como objetivo identificar as incompatibilidades entre os projetos estrutural e arquitetônico. As incompatibilidades são geradas pelas interferências físicas analisadas durante o processo de compatibilização entre os projetos. Para realizar a compatibilização, a proposta foi a utilização do *software Revit*, afim de, apresentar esse programa para os demais acadêmicos, propagando a prática da compatibilização bem como a utilização deste *software* avançado.

Com a devida aprovação do projeto arquitetônico junto à Prefeitura Municipal de Pato Branco, conforme as leis e normas do município, este foi repassado para os outros projetistas os quais elaboram os projetos complementares.

Concluído os projetos, solicitou-se uma cópia do estrutural e do arquitetônico para realizar tal estudo, estes foram repassado em formato *dwg*. Com isso, deu-se início o processo de modelagem 3D com a utilização do *software Revit*.

Utilizando-se do *software Revit*, foram inseridos os arquivos recebidos, importando do *AutoCAD* como se fosse uma imagem, logo, redesenhou-se o projeto

sob a imagem, gerando um projeto no *Revit*, como já descrito no trabalho acima o *software* parametriza as informações e com isso gera uma modelagem em três dimensões. Com o projeto em três dimensões facilita a percepção e verificação das possíveis inconformidades.

O trabalho é fundamentado em sobreposições, visto que o *Revit* tem uma opção de sobrepor no nível onde está desenhando o pavimento inferior, o que facilita a visualização caso algo esteja em conflito.

#### 5.4 COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO X ARQUITETÔNICO

Primeiramente foi importado o projeto arquitetônico e ao desenhar no *Revit* observou-se algumas inconformidades de projeto, algumas poderiam ser notadas até mesmo no *AutoCAD*, porém tais inconformidades só foram percebidas ao refazer o projeto no *Revit*, sobrepondo plantas e analisando o modelo tridimensional.

Concluído o projeto no *software*, originou-se também um modelo tridimensional que o programa gera automático com os dados que foram fornecidos ao realizar o bidimensional, como pé direito, dados de alvenaria, detalhes das esquadrias. O modelo tridimensional está representado na figura 15, 16 e na figura 17 a seguir.



**Figura 15: Modelo tridimensional da elevação frontal da residência**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 16: Modelo tridimensional da elevação posterior da residência**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 17: Modelo tridimensional da elevação lateral da residência**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**

#### 5.4.1 Verificação de incompatibilidades

Realizando uma análise bidimensional e tridimensional com auxílio do software *Revit*, foram encontradas algumas interferências, as quais se encontram abaixo, juntamente com as figuras que apresentam o comparativo da interferência encontrada com o que ocorreu em obra.

- Cotas de Esquadrias

De acordo com a NBR 6492(ABNT,1994), nos detalhes de esquadria devem conter as cotas parciais e totais para que haja total compreensão de cada elemento.

Nas paredes que continham esquadrias não existiam cotas que identificavam a distância delas a extremidade das paredes, o que dificulta a execução. Nas figuras 18 e 19 observamos a ausência das cotas de representação indicando a distância das esquadrias a face interna da parede.

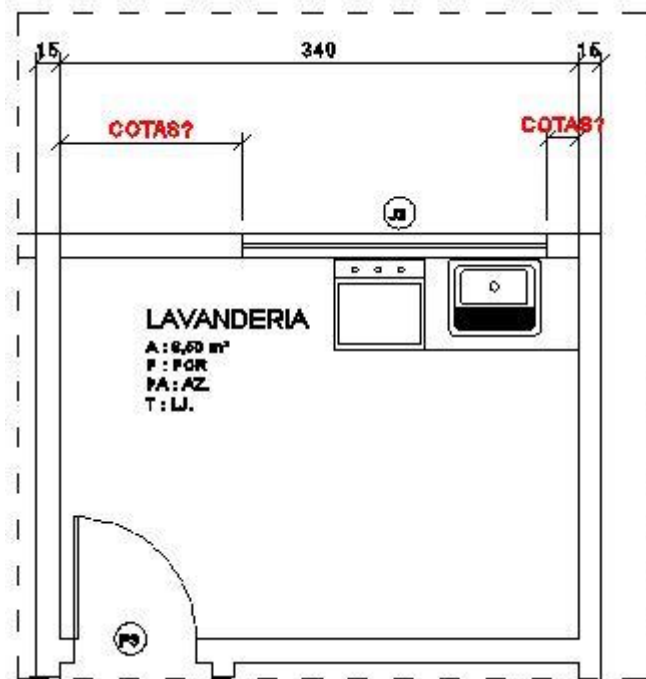


Figura 18: Falta de cota de esquadria lavanderia, em planta

Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

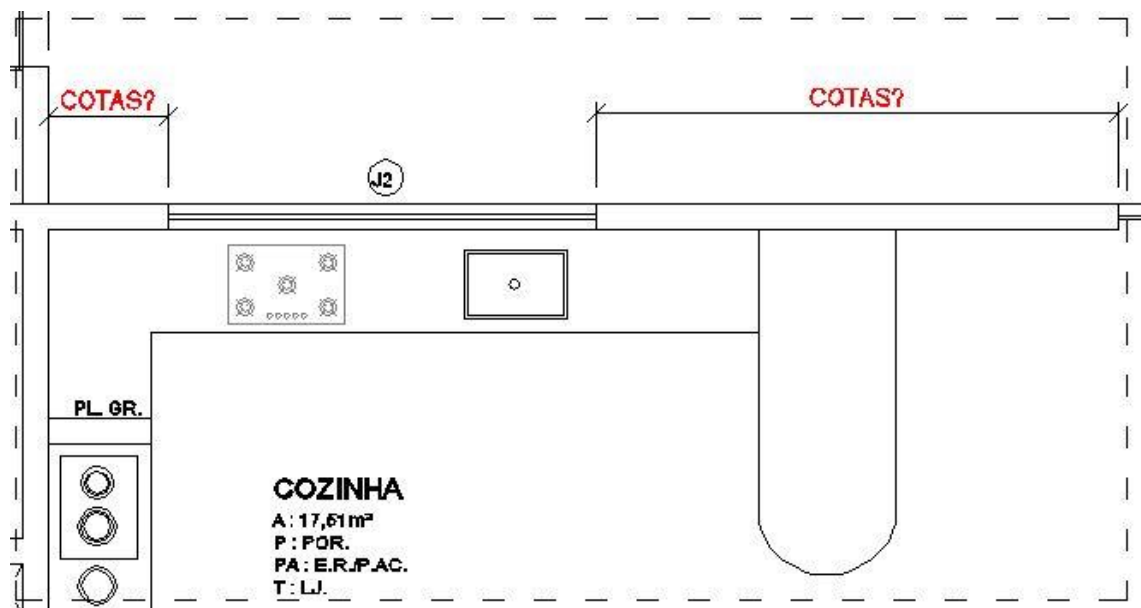


Figura 19: Falta de cota de esquadria cozinha, em planta

Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

Com a deficiência de cotas no projeto representando a distância das esquadrias até a parede e a distância entre elas, resultou em má compressão na execução. Nas imagens exibidas abaixo, podemos notar a diferença nas medidas, as quais foram executadas em relação ao projeto proposto.

A figura 20 apresenta as cotas da esquadria J3 presente na lavanderia, estas que deveriam estar representadas no projeto, as quais inserimos afim de analisar o que era proposto do que foi realizado em obra

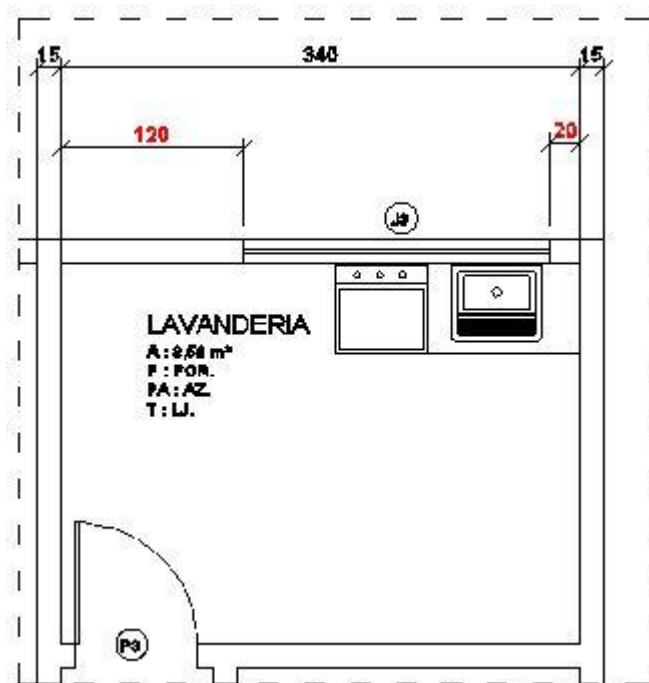


Figura 20: Cota de projeto da esquadria J3 da lavanderia, em planta  
Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

. Na figura 21 pode-se observar o que foi executado em obra, concluindo que a falta das cotas interferiu na execução, alterando as determinações e representações de projeto.



Figura 21: Medida do executado em obra

Fonte: Autoria Própria (2015).

A figura 22 abaixo apresenta as cotas inseridas no projeto da janela J2 localizada na cozinha, afim de comparar com o executado na obra.

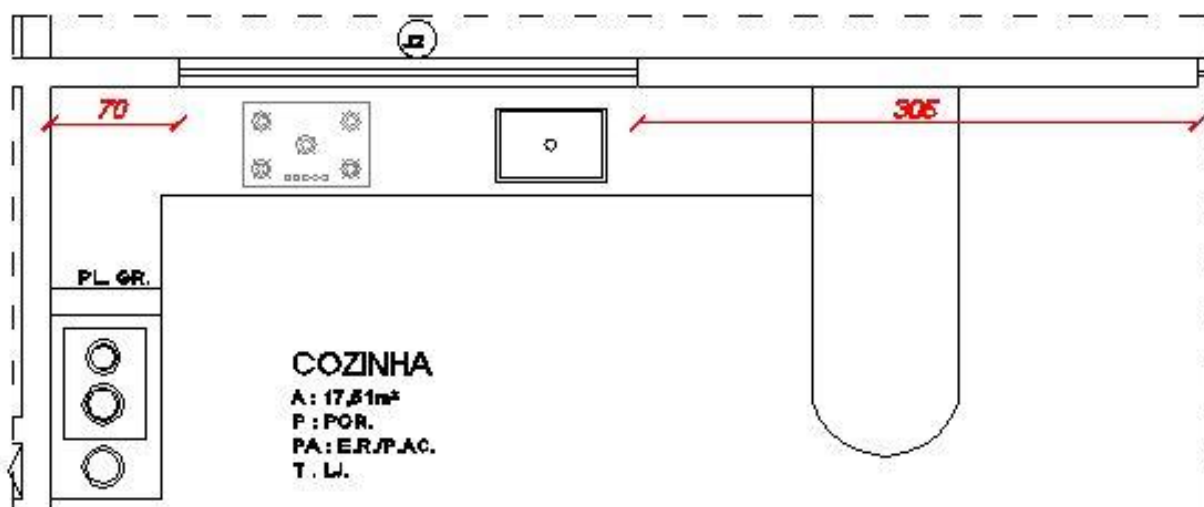


Figura 22: Cota de projeto da esquadria J2 da cozinha, em planta

Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

A medida encontrada na obra da distância da janela J2 da cozinha a parede esta exibida na figura 23 abaixo, observa-se a diferença do proposto em projeto com o executado.



**Figura 23: Medida do executado em obra**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

A cozinha também conta com uma porta P3 de 80x210 a cota que falta é a determinação da medida da porta até a parede, a qual foi inserida e apresenta-se na figura 24 .

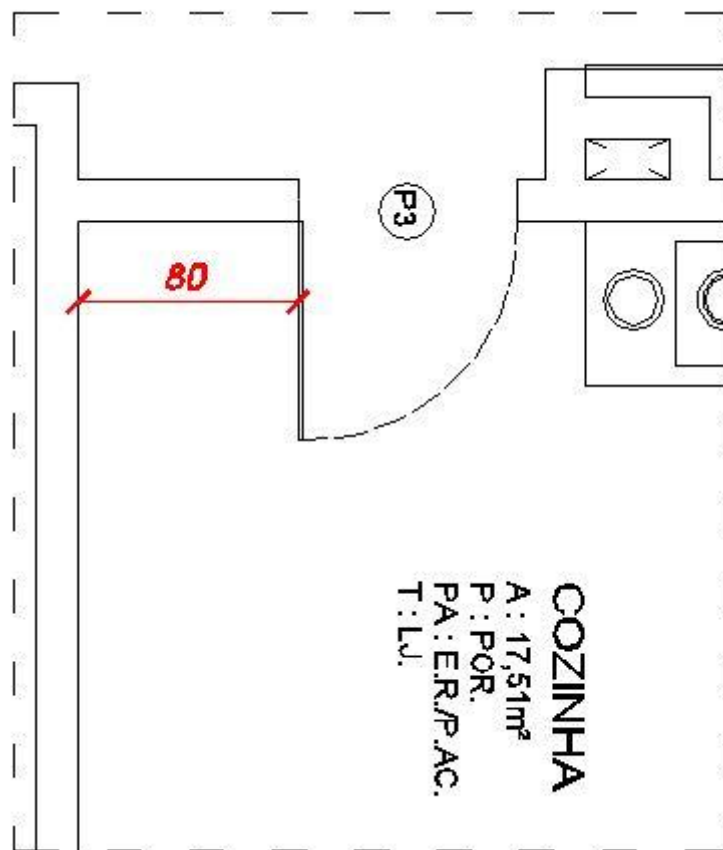


Figura 24: Cota de projeto da esquadria P3 da cozinha, em planta  
Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

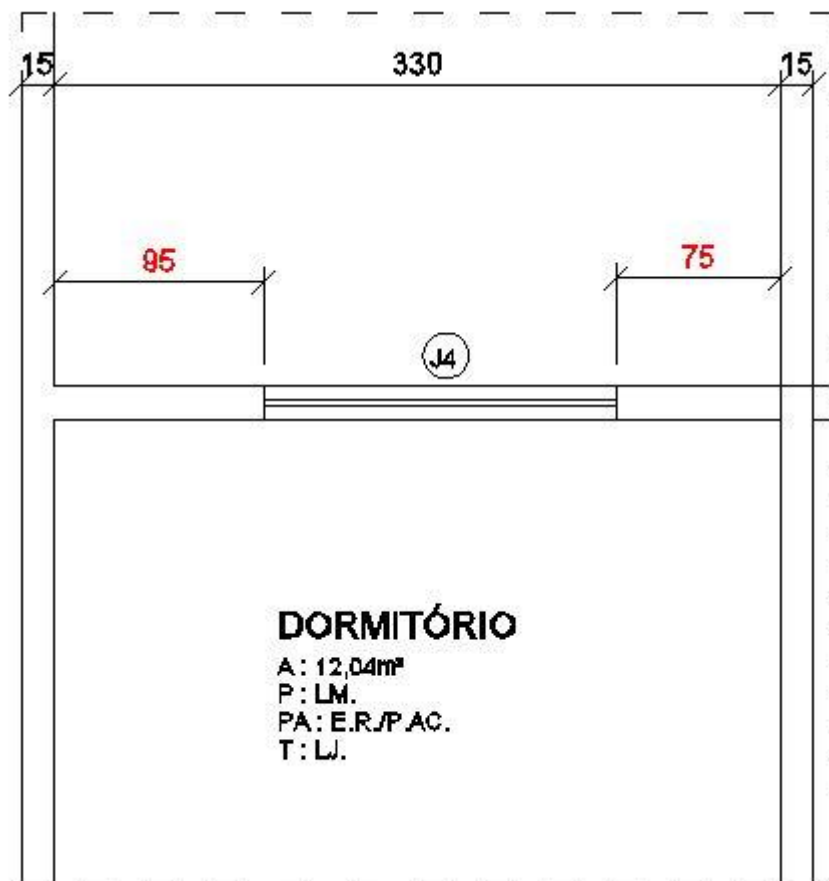
Medindo in loco encontramos o que pode ser observada na figura 25 a seguir.



**Figura 25: Medida do executado em obra**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

As cotas faltantes da janela J4 do dormitório do pavimento térreo foram inseridas, e podem ser observadas na figura 26.



**Figura 26: Cota de projeto da esquadria J4 do dormitório, em planta**  
 Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

Observa-se na figura 27 as medidas que foram executadas na obra, tendo uma diferença do proposto do projeto que exibe a figura 26.



**Figura 27: Medida do executado em obra**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

A sala de jantar conta com uma porta PJ1 onde não continham cotas, as cotas foram inseridas e apresentam-se na figura 28. E na figura 29 apresento o executado em obra.

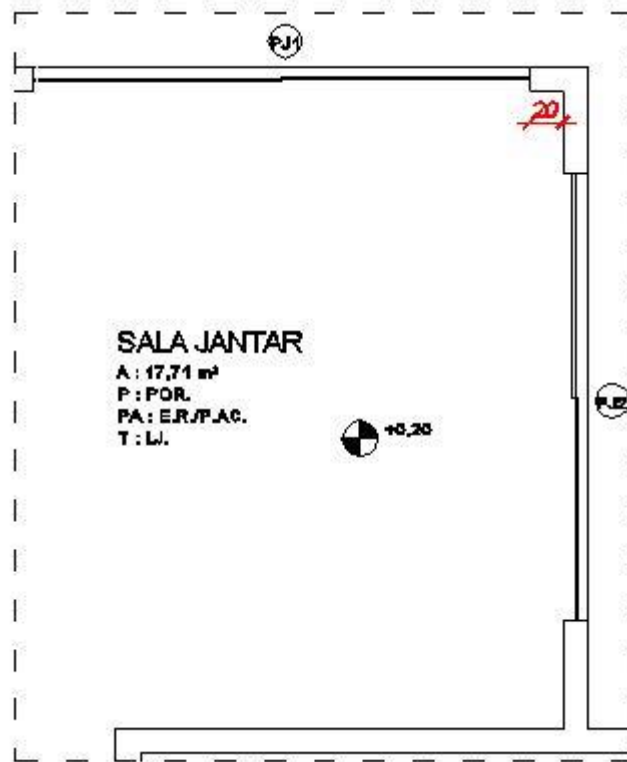


Figura 28: Cota de projeto da esquadria PJ1 da sala de jantar, em planta  
 Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).



Figura 29: Medida do executado em obra  
 Fonte: Autoria Própria (2015).

- Dimensões das portas

Nas portas do banheiro da suíte2 e do banheiro do térreo constam no projeto com portas P4 onde estas são de 70x210, segundo a tabela de esquadria representada na figura 30, porém o desenho delas é de uma porta P3 de 80x210. As figuras 31 e 32 mostram está incoerência.

RELAÇÃO ESQUADRIAS ( PORTAS e PORTAS JANELAS).					
COD.	VÃO DE ALVENARIA		QTDE	CARACTERÍSTICA	MATERIAL
	LARGURA	ALTURA			
P.1	160	230	1	PORTA LISA 1 FL. ABRIR ( PIVOTANTE / PORTA= 100 x 230 C/ JANELA ANEXA FIXA= 050 x 230	M.D.F. C/ Pintura PU.
P.2	080	210	1	PORTA LISA 1 FL. ABRIR DOBRADIÇA ( OBS : PORTA= 080 x 210 A FOLHA - EXTERNA).	M.D.F. C/ Pintura PU.
P.3	080	210	9	PORTA ABRIR 1 FL. (DOBRADIÇA C/ CHAVE) ( OBS : PORTA= 080 x 210 A FOLHA - INTERNA)	M.D.F. C/ Pintura PU.
P.4	070	210	4	PORTA LISA 1 FL. ABRIR DOBRADIÇA ( OBS : PORTA= 070 x 210 A FOLHA).	M.D.F. C/ Pintura PU.
P.6	076	170	1	PORTA C/ TELA ÓTIC 2 FLs. ABRIR (DOBRADIÇA).	METÁLICA

Figura 30: Tabela de esquadrias representando as portas

Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

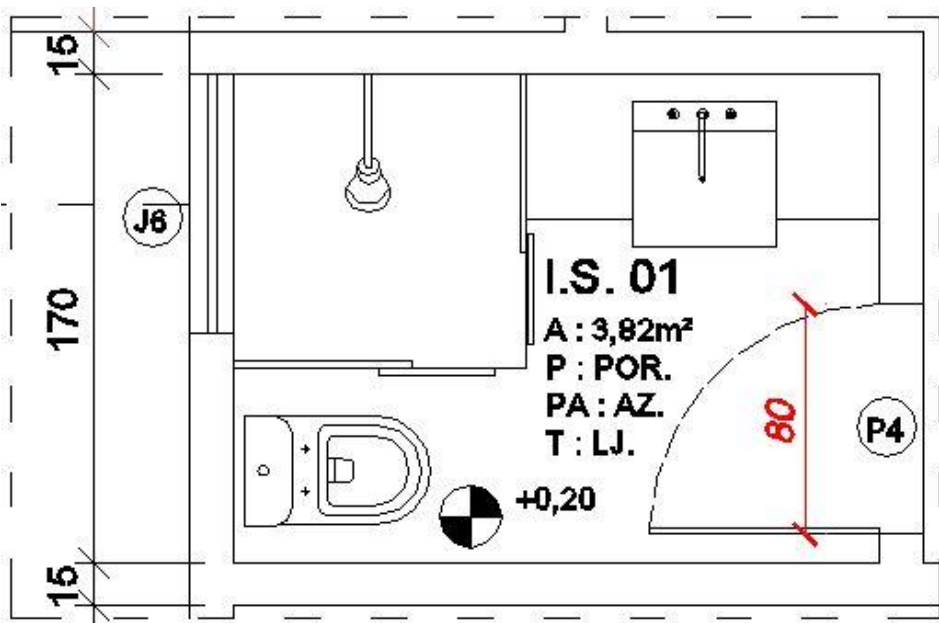
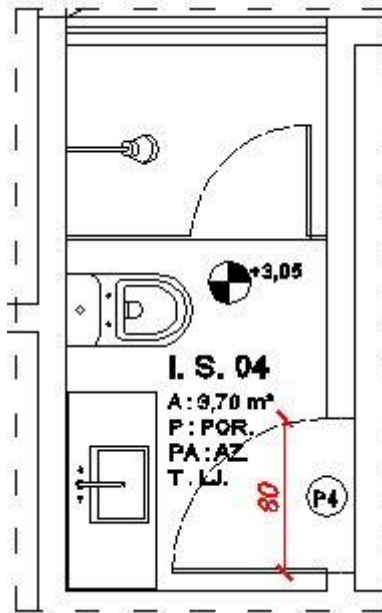


Figura 31: Erro na dimensão da porta, em planta

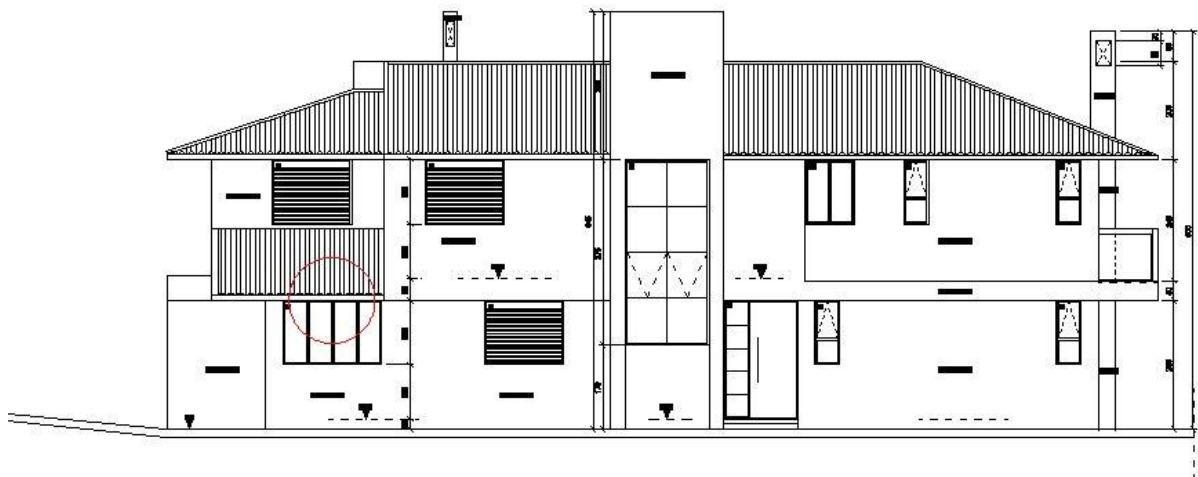
Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).



**Figura 32: Erro na dimensão da porta, em planta**  
**Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).**

- Erro de esquadrias de fachada

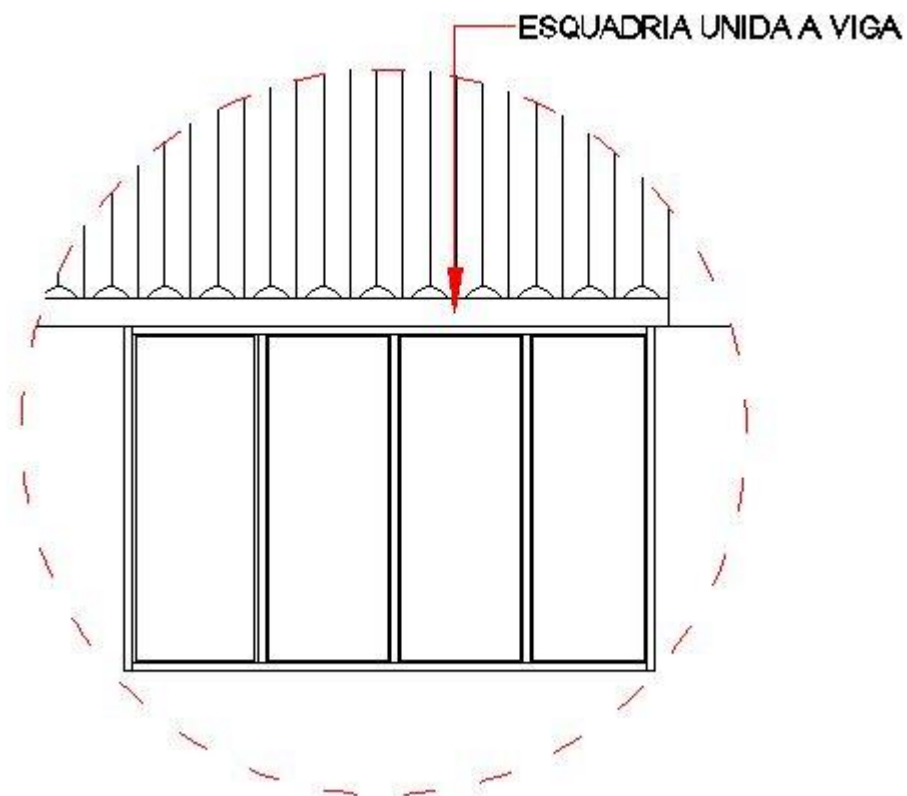
No projeto arquitetônico as janelas e portas das fachadas da residência são ligadas direto na viga, porém analisou-se que não se executou desta forma, seguindo o projeto estrutural e o arquitetônico elas ficam com 10cm de espaçamento entre a viga e as esquadrias. A figura 33 representa a fachada da residência onde podemos observar no círculo destacado a ligação das esquadrias a viga, a figura 34 abaixo ilustra melhor o detalhe desta ligação.



ELEVAÇÃO 01  
ESC: 1/60

**Figura 33: Detalhe das esquadrias na fachada**

Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

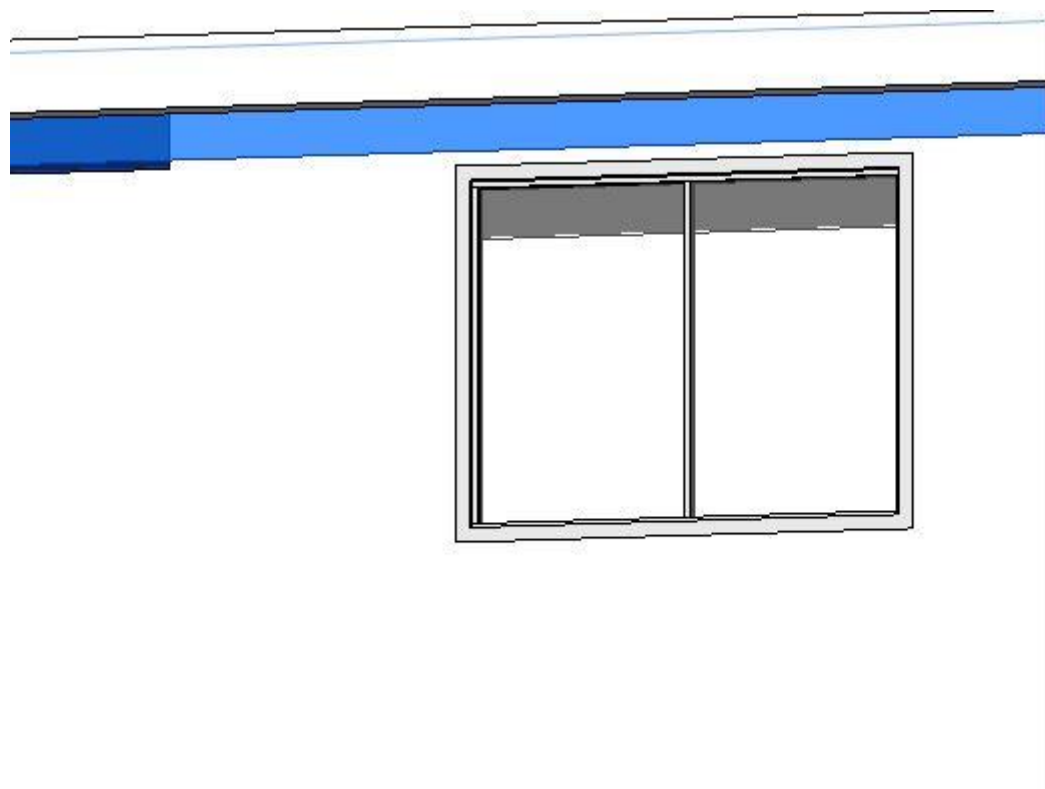


**Figura 34: Detalhe das esquadrias na fachada**

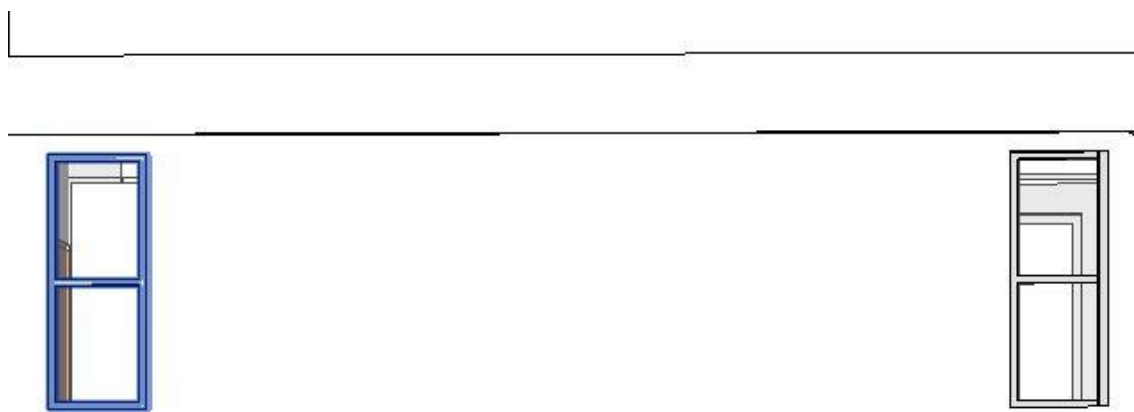
Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

Com a utilização do *Revit*, poderíamos ter analisado esta interferência antes da sua execução, como podemos analisar nas figuras 35 e 36, geradas através da

elaboração dos projetos no *software* onde mostra claramente o espaçamento das esquadrias a viga.



**Figura 35: Espaçamento entre a viga e a esquadria no *Revit***  
Fonte: Autoria Própria (2015).



**Figura 36: Espaçamento entre a viga e a esquadria no *Revit***  
Fonte: Autoria Própria (2015).

A execução obedece aos projetos, por isso a figura 37 abaixo apresenta os mesmos problemas identificados no *Revit* apresentando estão o espaçamento de

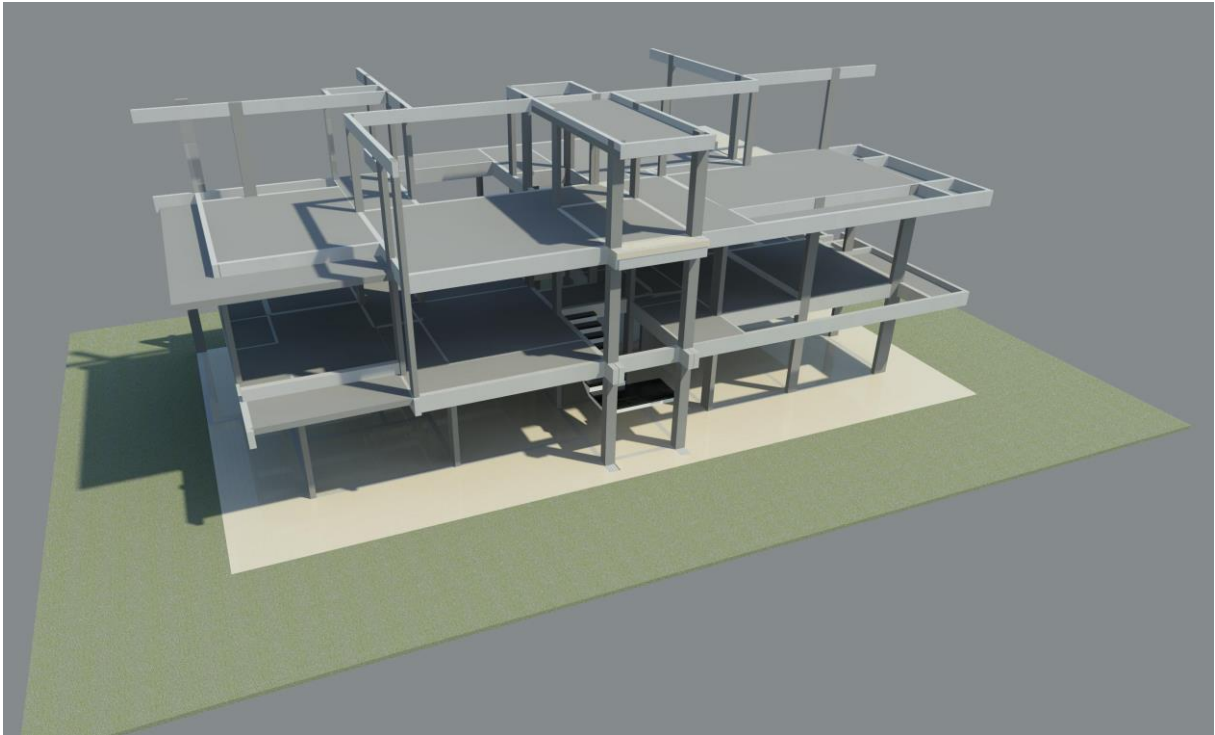
10cm entre as esquadrias e a viga.



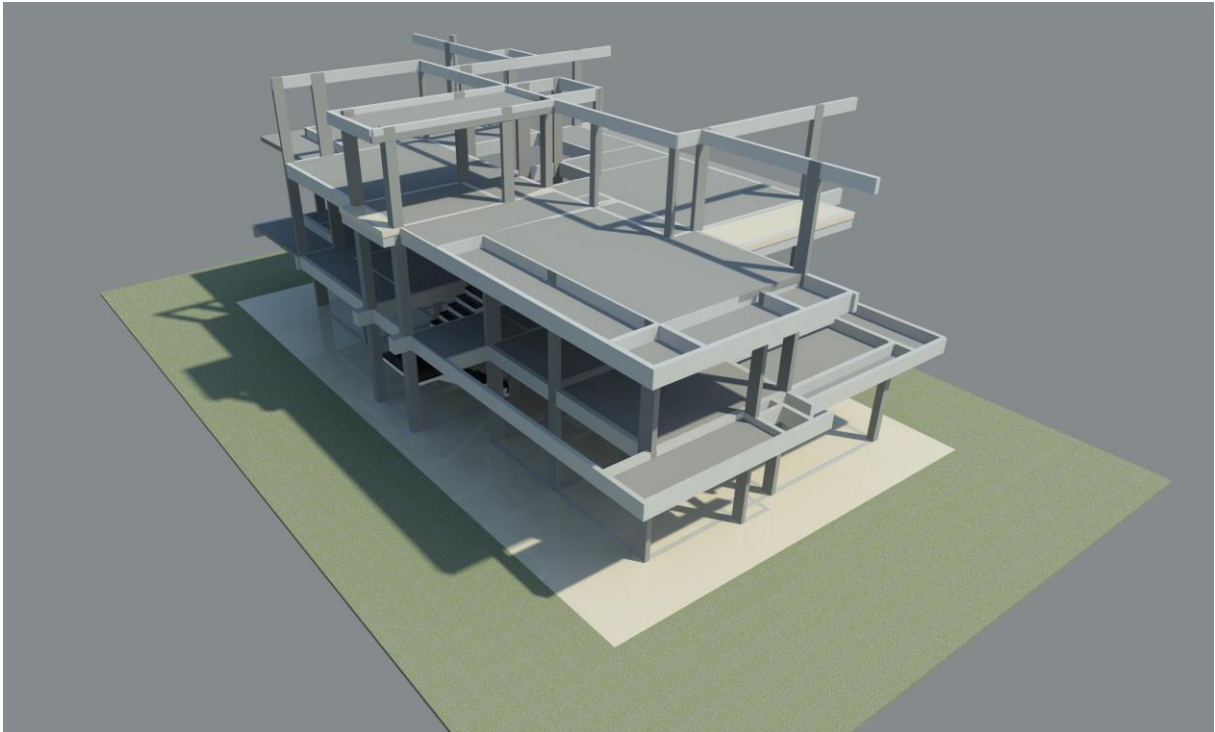
**Figura 37: Espaçamento entre a viga e a esquadria em obra**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**

## 5.5 COMPATIBILIZAÇÃO ESTRUTURAL X ESTRUTURAL

Inicialmente importou-se o projeto estrutural do *AutoCAD* para o *Revit*, com isso, redesenhou-se o projeto inserindo dispendo cada elemento estrutural, seguindo o projeto fornecido. Ao inserir os elementos estruturais foi possível notar algumas inconformidades através da função que o *Revit* apresenta de sobrepor a planta inferior. Outras inconformidades foram notadas também ao visualizar o modelo tridimensional gerado, que pode ser visualizado na figura 38 e na figura 39.



**Figura 38: Modelo tridimensional estrutural**  
**Fonte: Aatoria Própria (2015).**



**Figura 39: Modelo tridimensional estrutural**  
**Fonte: Aatoria Própria (2015).**

### 5.5.1 Verificação de incompatibilidades

Após realizar a análise no projeto, com percepção bidimensional e tridimensional, com o auxílio do software, foram localizadas algumas interferências, as quais se encontram abaixo, nas figuras.

Ao contrário da compatibilização anterior, que se refere ao arquitetônico, onde conseguimos localizar na execução da obra algumas das interferências encontradas pela análise de projetos, esta compatibilização de projeto estrutural torna-se mais difícil de ser observada em obra. Uma vez que, são inconformidades ligadas a erros de legenda e geralmente são corrigidas antes da execução do elemento. A compatibilização resultou nas interferências que se encontram abaixo.

- Pilar P15

Na prancha de locação do projeto estrutural o pilar P15 é de 15x40 mas o pilar dimensionado é de 14x40. A figura 40 mostra as dimensões do pilar P15 na planta de locação e a figura 41 apresenta o pilar P15 na prancha de forma do pavimento baldrame, com suas dimensões reais.

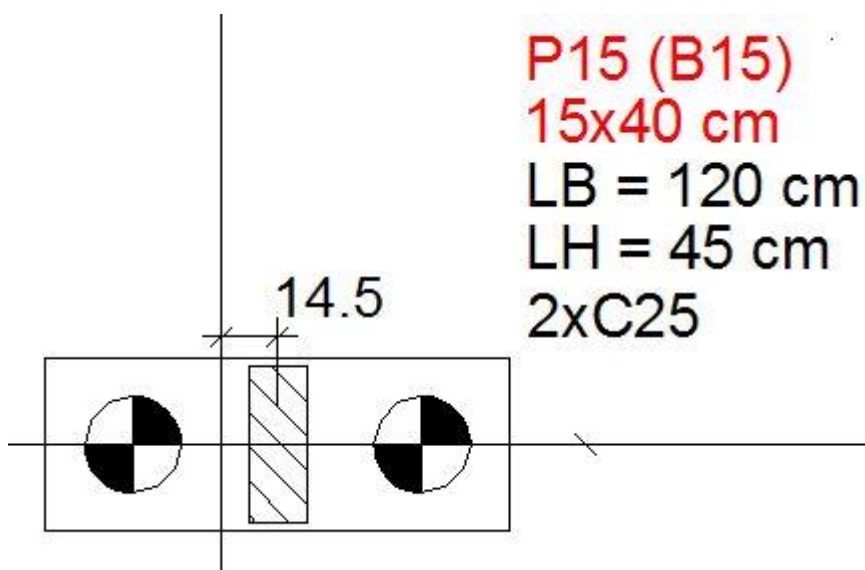
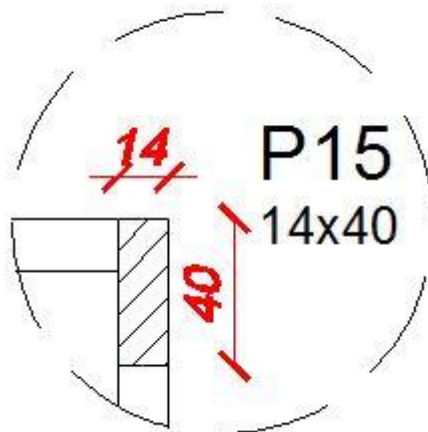


Figura 40: Detalhe do pilar P15 da planta de locação

Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).







**Figura 41: Detalhe do pilar P15 da planta de forma do pavimento baldrame**

**Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).**

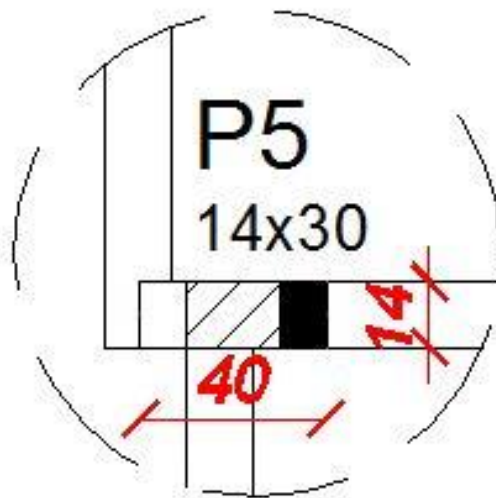
- Pilar P5

Na prancha de forma do pavimento baldrame o pilar P5 tem sua legenda como 14x30 porem suas dimensões são 14x40, tem suas dimensões reduzidas porem só na planta do primeiro pavimento. A figura 42 mostra a legenda dos pilares para observarmos que realmente o P5 tem suas dimensões reduzidas. Nas figuras 43 visualizamos o erro na legenda do pilar e na figura 44 observamos a mudança de dimensões.

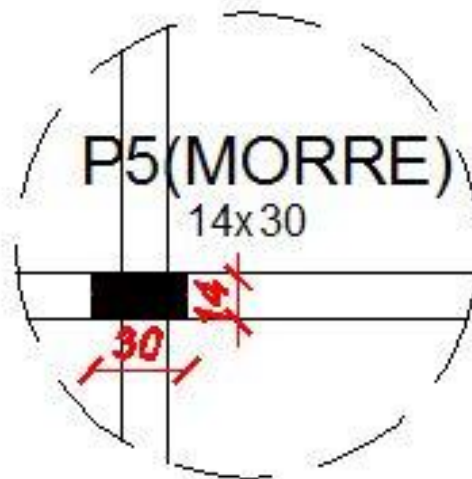
Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

**Figura 42: Legenda dos pilares**

**Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).**



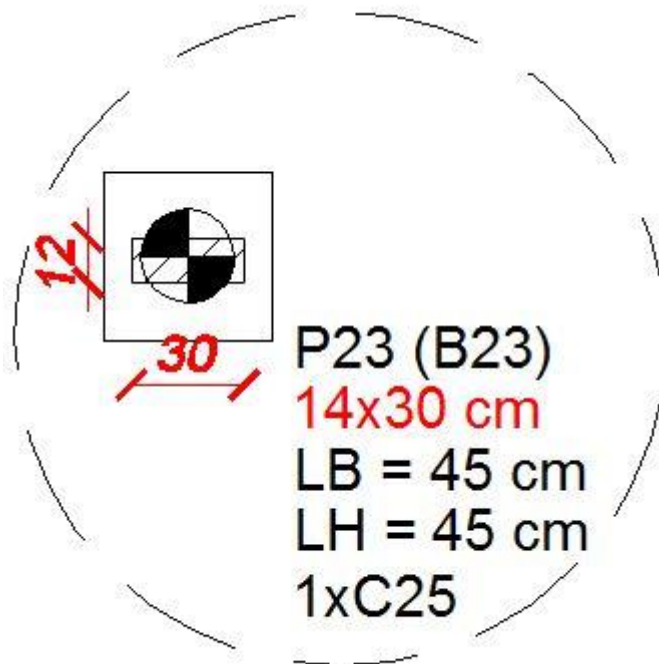
**Figura 43: Detalhe do pilar P5 erro na legenda**  
**Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).**



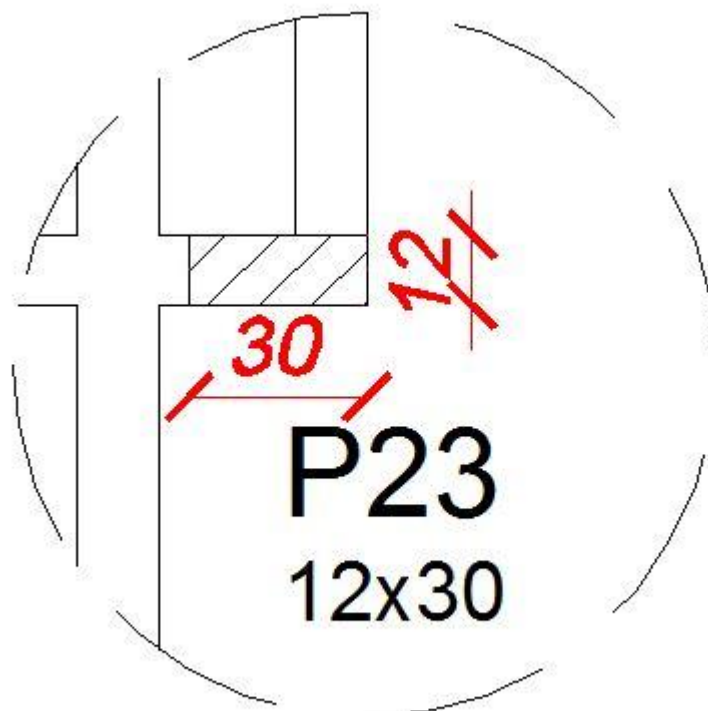
**Figura 44: Detalhe do pilar P5 com mudança de dimensões**  
**Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).**

- Pilar P23

Na prancha de planta de locação o pilar P23 tem sua dimensão de 14x30 e na planta de forma do pavimento baldrame ele é de 12x30. Na figura 45 podemos observar que suas dimensões não conferem com a legenda, comprova-se sua real dimensão através da figura 46 que mostra o P23 na planta do pavimento baldrame.



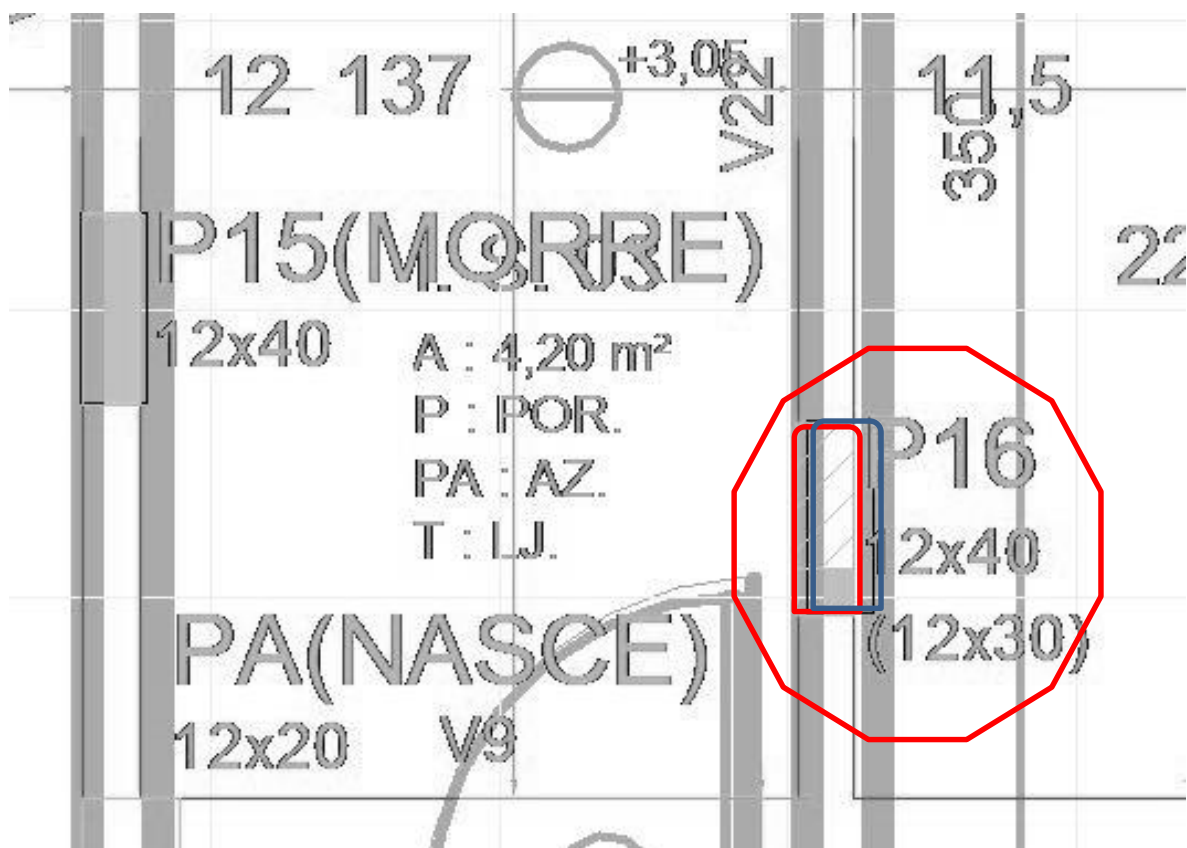
**Figura 45: Pilar P23 com incoerência na legenda**  
 Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).



**Figura 46: Pilar P23 na planta de forma do pavimento baldrame**  
 Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

- Pilar P16

No processo de transferir os projetos para o *Revit*, onde o *software* deixa visível o pavimento inferior, fica possível identificar que o pilar P16 estava deslocado em relação ao nível inferior, o pilar deslocado se apresenta em vermelho na figura 47 e o representado em azul é o pilar concebido no pavimento inferior onde este deveria dar sequência para o pavimento superior.



**Figura 47: Pilar P16 fora de alinhamento**  
Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

## 5.6 COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO X ESTRUTURAL

Com a elaboração dos projetos descritos anteriormente, foi possível dar início a compatibilização. Esta prática entre dois projetos, consiste em englobar os projetos,

sobrepondo-os e com isso observar se existe alguma inconformidade. No *Revit* elaborou-se o projeto arquitetônico e projeto estrutural no mesmo arquivo, e conforme progredia o desenvolvimento do projeto já se notava algumas interferências, as quais também ficaram nitidamente visíveis no modelo tridimensional.

### 5.6.1 Verificação de incompatibilidades

Após realizar a análise no projeto, exercendo a prática de compatibilização com percepção bidimensional e tridimensional e auxílio do *software Revit*, localizamos algumas inconsistências nos projetos.

Notamos algumas das inconformidades analisadas presentes na execução da obra, sendo que estas causaram prejuízos, retrabalhos, provocando uma extrapolação no cronograma previsto.

As inconformidades encontradas assim como, a percepção destas na execução da obra encontram-se abaixo.

- Pilar em confronto

Com auxílio do *software* observamos que o P29 de 14x40 está em conflito com a esquadria J9 de 50x130. A figura 48 torna visível que o pilar está contido dentro da esquadria. A figura 49 é extraída do *Revit*, onde podemos perceber nitidamente a interferência analisada.

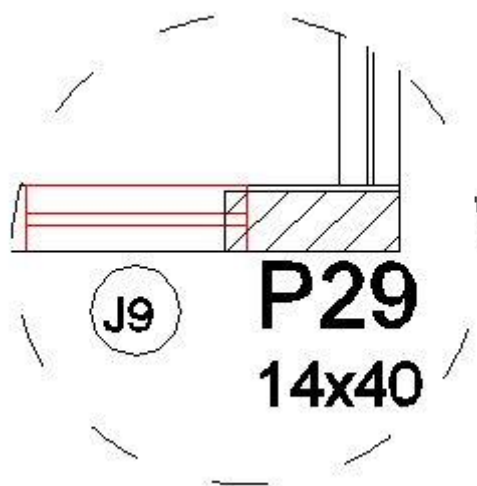


Figura 48: Conflito do Pilar P29 com a esquadria J9, em planta

Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

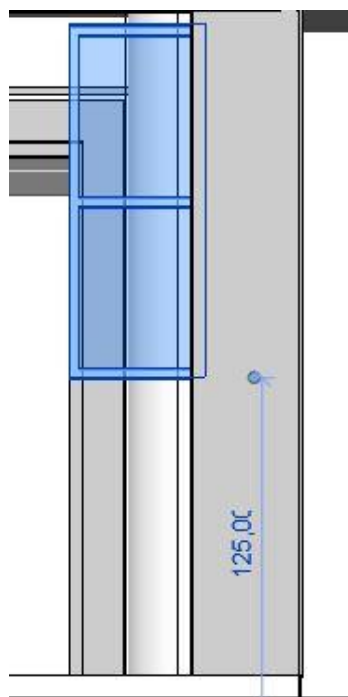


Figura 49: Conflito do Pilar P29 com a esquadria J9 em vista

Fonte: Autorial Própria (2015).

P104 de 12x30 em conflito com a esquadria J4 160x130. As imagens 50 e 51 são realizadas no *Revit* e comprovam a interferência do pilar na esquadria, onde a esquadria encontra-se dentro do pilar.

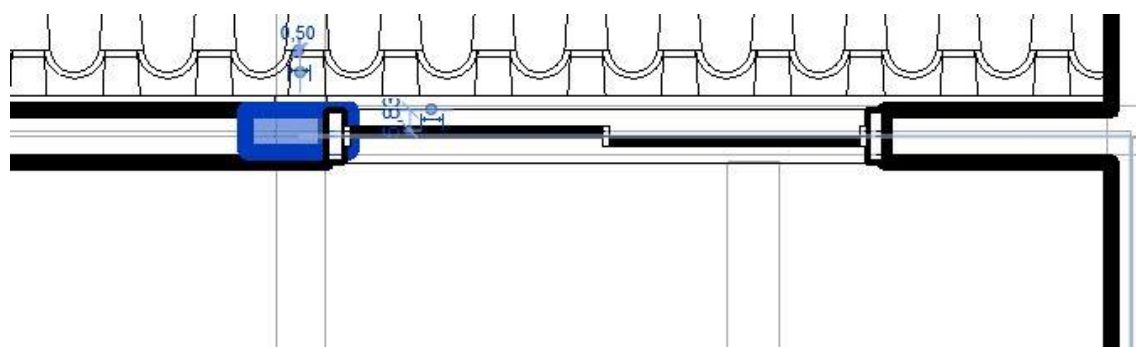
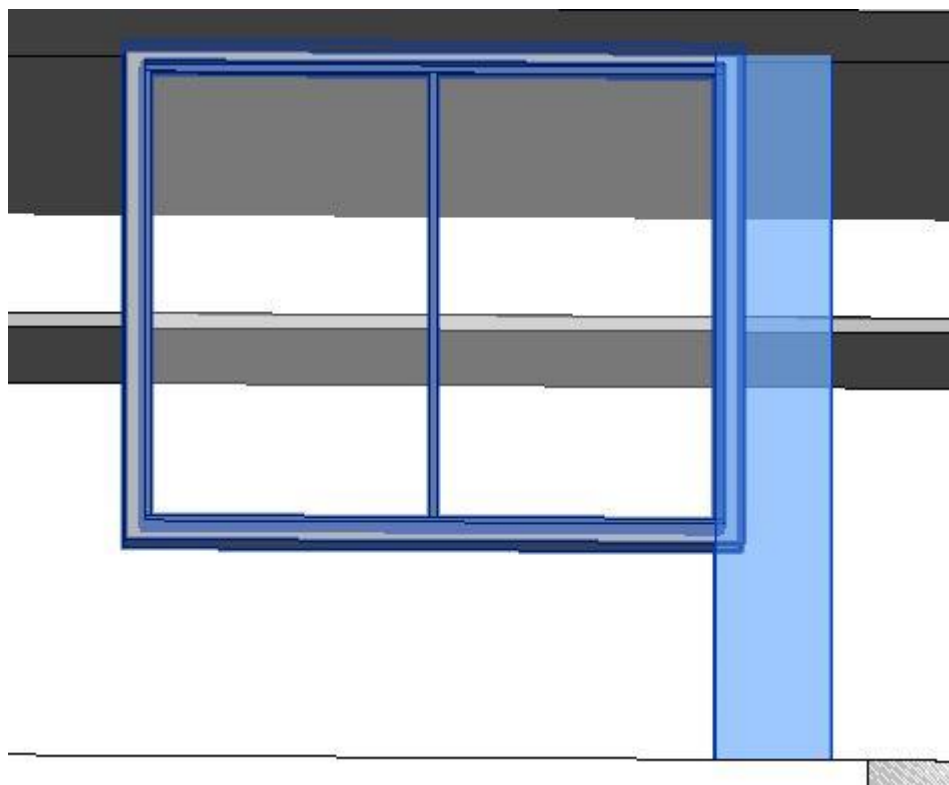


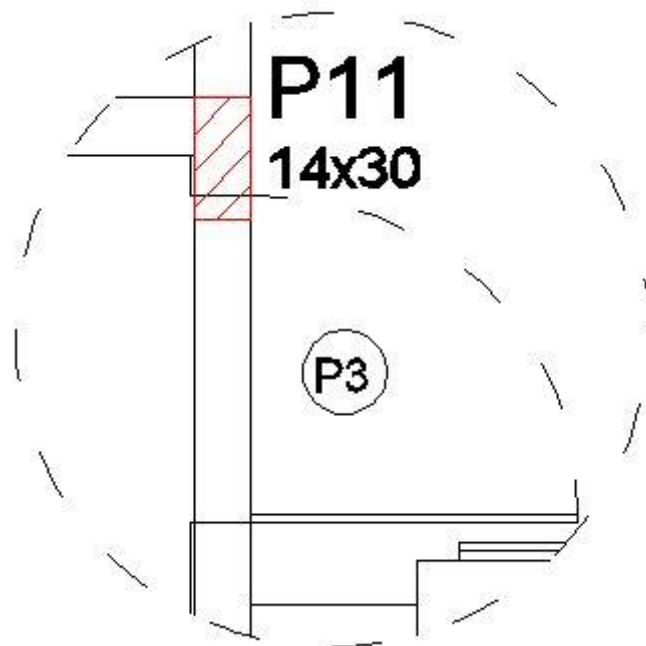
Figura 50: Conflito do Pilar P104 com a esquadria J4, em planta

Fonte: Autorial Própria (2015).



**Figura 51: Conflito do Pilar P104 com a esquadria J4, em vista**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**

O pilar P11 de 14x30 em conflito com a porta P3 de 80x210. Mostramos na figura 52 analisada no *AutoCAD* e na figura 53 exibida no *Revit*, o pilar interferindo na porta, onde a porta está situada dentro do pilar.



**Figura 52: Conflito do Pilar P11 com a porta P3, em planta**  
**Fonte: Adaptado do Autor do Projeto.**



**Figura 53: Conflito do Pilar P11 com a porta P3, em vista**  
**Fonte: Autoria Própria.**

- Vigas

A viga V9 (12x40) da planta de forma do pavimento cobertura passa 15cm da porta do banheiro social do pavimento superior, tornando um ponto negativo para a estética do ambiente que gastaria com retrabalho de gesso para esconde-la. A figura 54 foi retirada do *Revit*, onde o software mostra o pavimento inferior com um tom de cinza claro, tornando visível que a viga V9 passa do lado interno da parede do banheiro. Na figura 55 podemos observar em três dimensões este conflito, onde a viga V9 está representada na cor cinza, embora seja somente um prejuízo estético é algo indesejável.

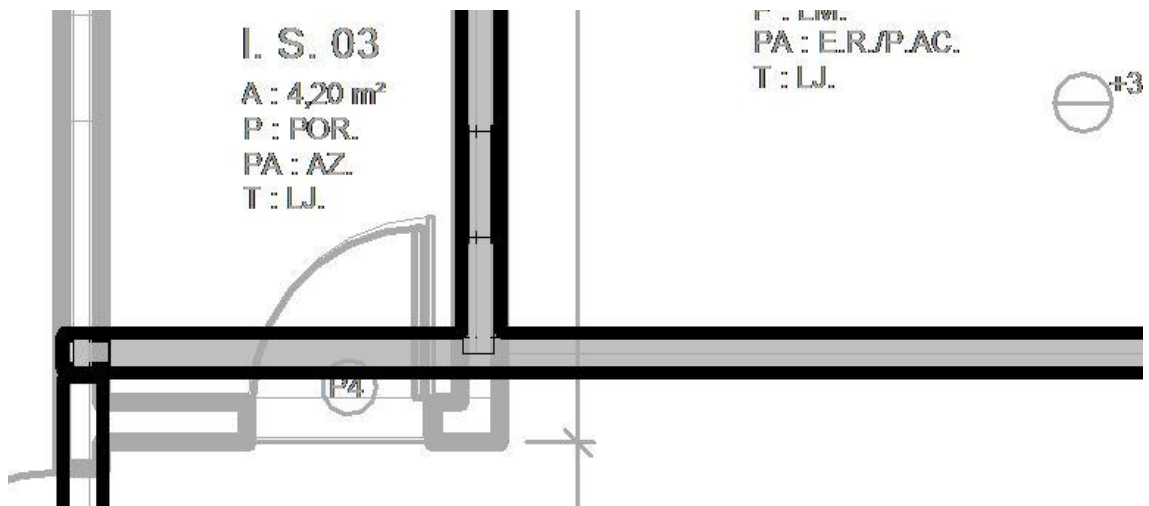
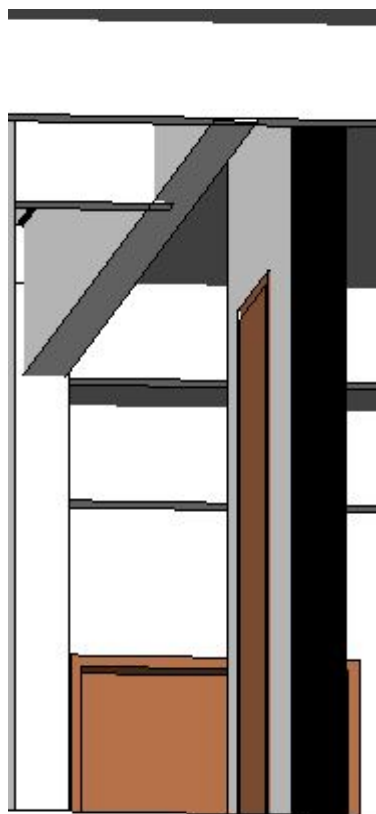


Figura 54: Demonstração da viga V9 passando sob o banheiro, em planta

Fonte: Autoria Própria (2015).



**Figura 55: Demonstração da viga V9 passando sob o banheiro no *Revit***

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

A figura 56 representa a viga sendo confeccionada em obra, onde podemos observar que realmente a viga está passando ao lado da parede de entrada do banheiro, comprovando o que foi detectado no *Revit*.



**Figura 56: Demonstração da viga V9 passando sob o banheiro na obra**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**

A viga V17 da planta de forma do pavimento cobertura tem suas dimensões de 12x40, apresenta-se na fachada, as outras vigas que encontram-se nas elevações da residência fica visível somente 12cm, o restante da altura da viga fica oculta pela cobertura. Porém para que isso aconteça na viga V17, precisaria aumentar a largura do beiral pois precisamos que a cobertura esconda 28cm de viga. Observe a representação dessa inconformidade na figura 57, onde fica visível na fachada os 40cm.



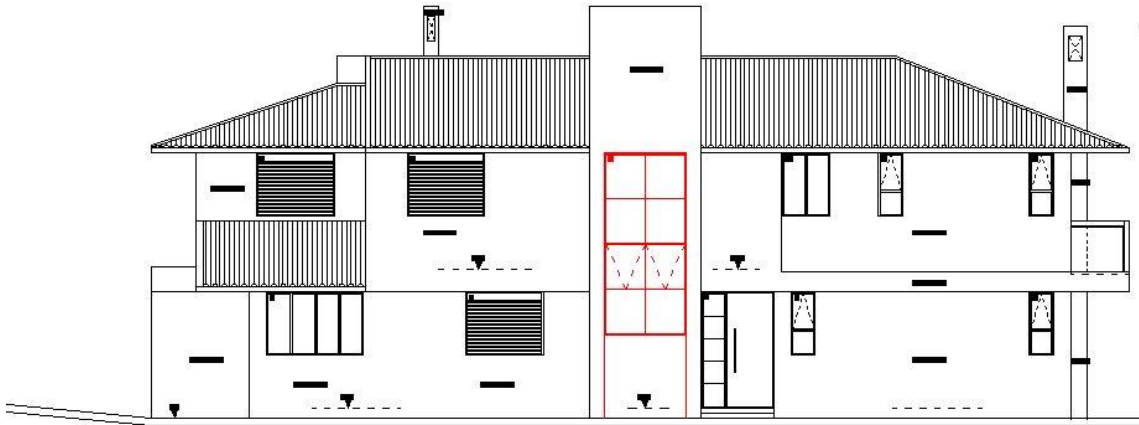
**Figura 57: Demonstração da viga V17 conflitando com o telhado proposto de beiral com 45cm**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**

Alterando o beiral para 100cm observamos na figura 58 que é possível esconder parte da viga da cobertura.



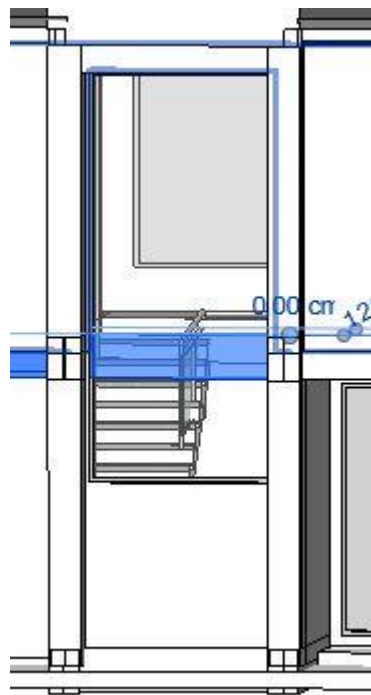
**Figura 58: Telhado com 100cm de beiral**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**

Viga V21(14x40) não estava prevista no projeto arquitetônico, ela está situada na fachada da residência, influenciando negativamente na estética da residência, onde o previsto era uma pele de vidro de 3,75m de altura. A figura 59 representa a fachada da residência, onde consideramos uma pele de vidro na escada. Observamos a viga interferindo na pele de vidro nas figuras 60 e 61 extraídas do *Revit* e as figuras 62 e 63 mostram a viga executada em obra.

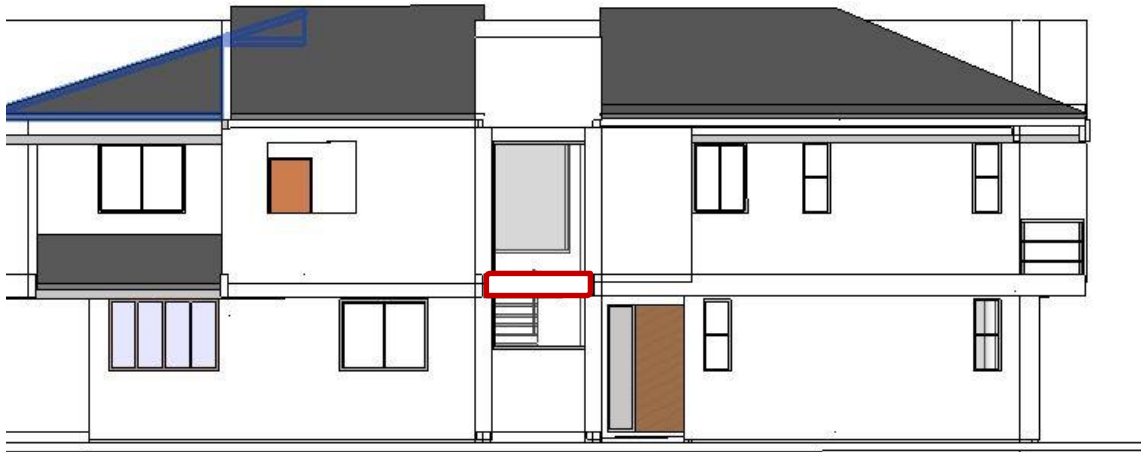


**ELEVAÇÃO 01**  
E8C: 1/50

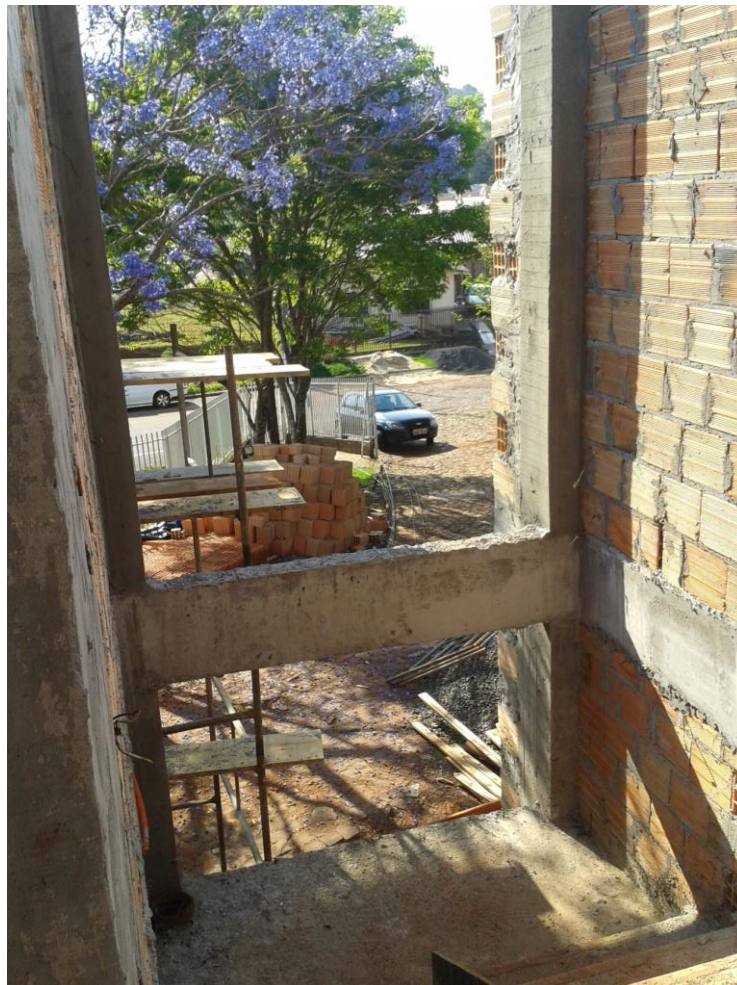
**Figura 59: Elevação frontal da residência com pele de vidro na escada**  
Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).



**Figura 60: Demonstração da viga no Revit**  
Fonte: Autoria Própria (2015).



**Figura 61: Demonstração da viga na fachada**  
**Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).**



**Figura 62: Demonstração da viga na obra**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 63: Elevação frontal da obra**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

- Laje confronto com arquitetônico

Nos cortes do projeto arquitetônico, expostos nas figuras 64 e 65, mostra-se uma laje rebaixada e um enchimento de concreto leve para que as vigas não apareçam, o detalhamento desta laje proposta é possível ser visualizado na figura 66. Porém o estrutural não percebeu esse detalhe, dimensionando o que podemos ver na figura 67 exibida pelo *Revit* a qual se encontra abaixo. Uma solução proposta durante a execução foi a utilização de blocos cerâmicos como enchimento, está pode ser observada nas figuras 68,69 e na figura 70 ressaltamos o perímetro da obra, o qual recebe esta nova solução.

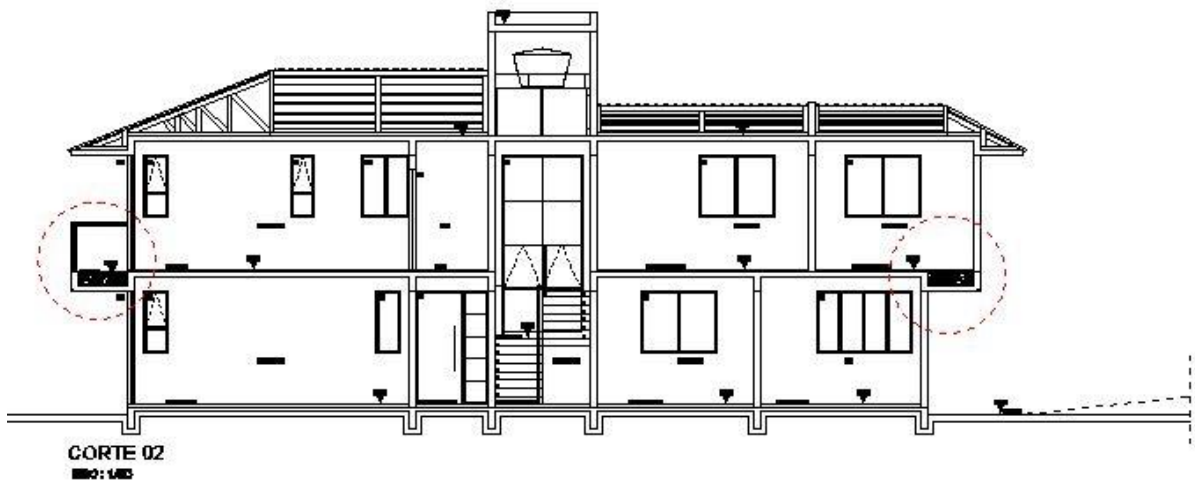


Figura 64: Corte 2 do projeto arquitetônico detalhe na laje  
 Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).

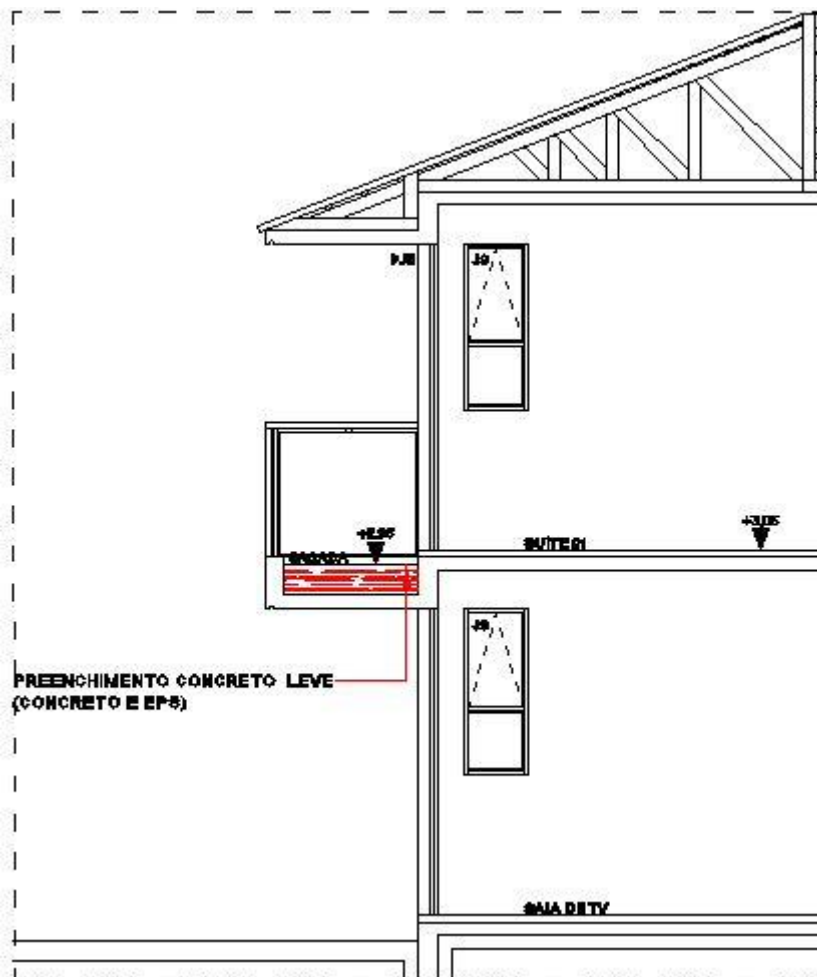
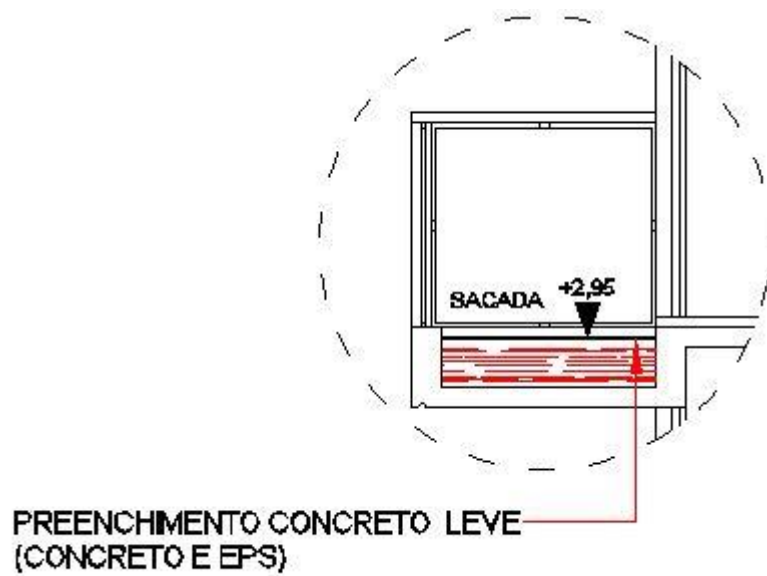
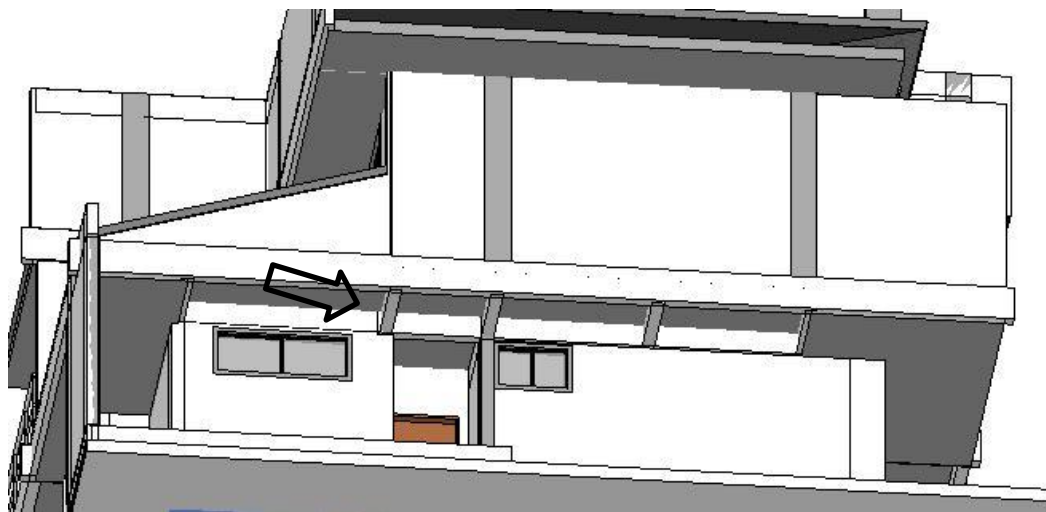


Figura 65: Corte 2 do projeto arquitetônico  
 Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).



**Figura 66: Corte 2 do projeto arquitetônico detalhe da laje**  
**Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).**



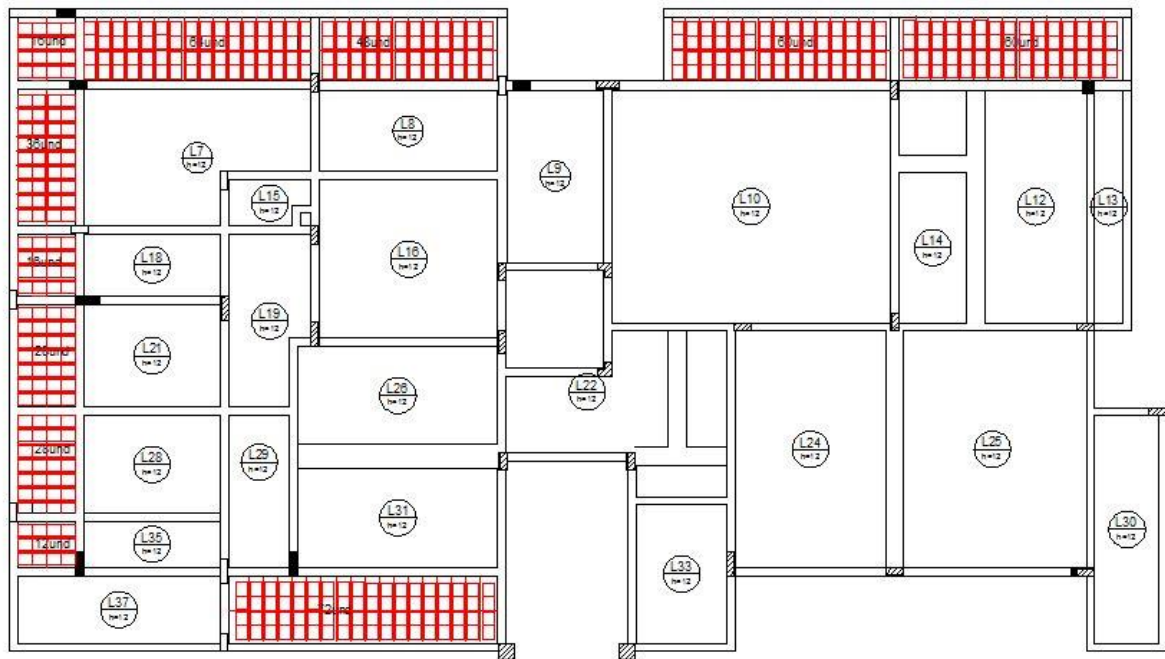
**Figura 67: Demonstração da laje conforme projetos, conflitando o arquitetônico**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 68: Alteração das formas de laje na obra**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 69: Detalhe da solução aplicada para atender projeto arquitetônico**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 70: Perímetro da obra com a solução aplicada para atender projeto arquitetônico**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

Esta solução utilizando de blocos cerâmicos para enchimento de laje é considerada segura segundo o projetista estrutural, porém essa inconformidade de projeto gerou vários custos imprevistos, como mão de obra, blocos cerâmicos, e concreto, além de, atrasar o cronograma da obra.

- Vergas não projetadas

Segundo a NBR 8545/1984 sobre o vão de portas e janelas devem ser moldadas vergas. As vergas e contra vergas devem exercer a largura do vão de pelo menos 20cm de cada lado e ter altura mínima de 10cm.

As vergas têm a função de sustentar a carga das esquadrias e evitar futuras fissurações na alvenaria.

Na obra em questão, observamos que foram executadas vergas de 14x20 onde seu comprimento variava com o comprimento da alvenaria, como podemos ver na figura 71. Porém apesar de executadas não existia projeto ou planejamento em nenhum dos projetos estudados, nem no arquitetônico e nem no estrutural.

Sabe-se, que a execução desse elemento tem um custo o qual vai ser denominado no final da obra como aditivos, pois não estavam projetados.



**Figura 71: Demonstração das vergas**

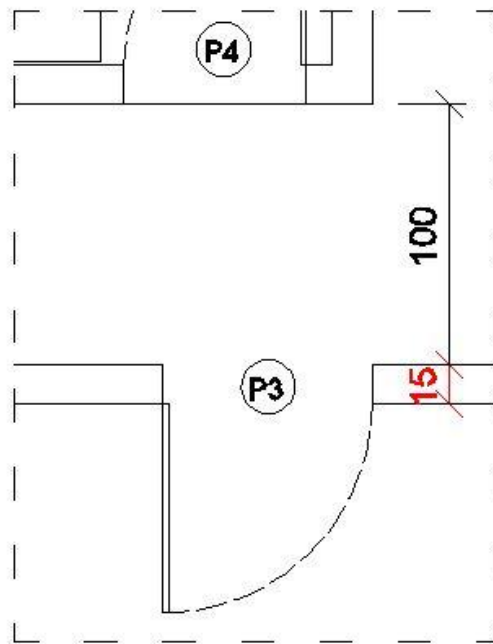
**Fonte: Autoria Própria (2015).**

- Blocos cerâmicos

Segundo o projeto arquitetônico as paredes tanto internas quanto externas deveriam ter 15cm de largura, o que podemos observar na figura 72. Porém como o projetista estrutural dimensionou na maioria pilares com largura de 14cm, adotou-se na execução blocos cerâmicos de 14cm alinhando com a largura do pilar. A figura 73 mostra o bloco cerâmico utilizado nas alvenarias da obra.

A incoerência disso é que, com o revestimento dessa alvenaria de 14cm de largura, somando chapisco mais emboço e reboco teria aproximadamente 2,5cm de cada face do bloco. A alvenaria acabada não teria mais 15cm do projeto arquitetônico, e sim 19cm.

A alteração na largura da parede influencia no tamanho dos cômodos, corredores.



**Figura 72: Espessura da alvenaria no projeto arquitetônico**  
Fonte: Adaptado do Autor do Projeto (2015).



**Figura 73: Bloco cerâmico utilizado em obra**  
Fonte: Autoria Própria (2015).

- Incoerência do projeto estrutural

Ao analisar o projeto arquitetônico houve um erro de interpretação do projetista estrutural. O qual, considerou no pavimento cobertura platibandas, escondendo as laterais das tesouras, porém o que o projeto arquitetônico propõe são telhados com oitão, conforme as figuras 74 e 75, geradas pelo *software*. Na figura 76 e na figura 77 observa-se com auxílio do *Revit* através da realização da compatibilização, o engano cometido pelo projetista estrutural. Conclui-se então que foram projetados pilares e vigas que não seriam necessárias para executar o projeto arquitetônico proposto.

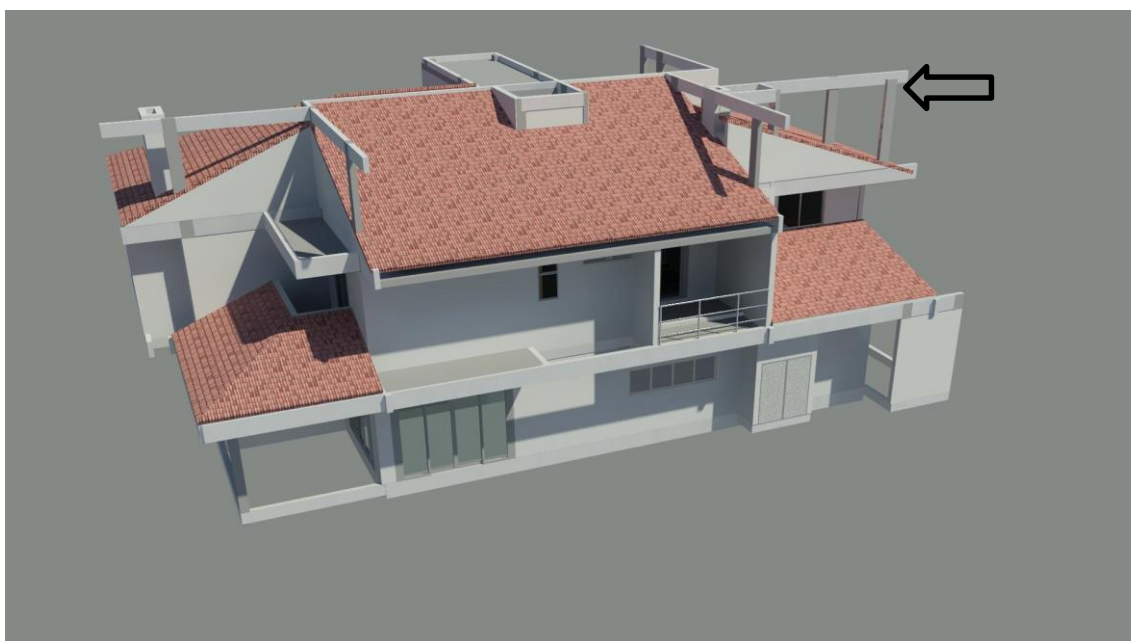


**Figura 74: Detalhe da cobertura no projeto arquitetônico**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 75: Detalhe da cobertura no projeto arquitetônico**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 76: Estrutural prevendo pilares e viga de uma suposta platibanda**  
**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 77: Incompatibilidade de projeto estrutural suposto platibandas**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

## 5.7 ANÁLISE DE CUSTOS

Como observamos a falta da interação dos projetos podem gerar custos adicionais, retrabalhos e aumento no prazo final da obra. Com o intuito de avaliar quanto uma interferência pode custar na execução, afim de realçar a importância de realizar a prática da compatibilização, analisou-se duas das interferências encontradas.

As inconformidades escolhidas apresentam-se no item 5.6.1 deste trabalho, o qual se refere a compatibilização do projeto arquitetônico com o estrutural, uma delas é a laje em confronto com o arquitetônico que pode ser observada nas figuras 68,69 e 70 do mesmo item, consistem em imagens retiradas do executado em obra. Por sua vez, a outra também se apresenta no mesmo item, e remete-se as vergas não projetadas, pode-se analisar o executado em obra através da figura 71, onde é

possível observar que as vergas foram feitas mesmo sem qualquer projeto.

Conforme contatado no trabalho a falta da compatibilização pode induzir a erros e custos adicionais, podendo-se levar a decisões que sejam tomadas ao longo da execução, perdendo qualidade do produto e eficácia do processo, e com isso, atraso no cronograma.

Observou-se nas interferências analisadas a falta de interação dos projetistas, que resultou justamente na percepção das falhas em obra, acarretando em custos e aditivos adicionais. Essas despesas foram calculadas nas duas interferências citadas acima, afim de perceber quanto pode ser o custo adicional do serviço pela falta da comunicação dos projetistas.

- Interferência em laje

A composição dos custos gerados pela interferência relacionada a laje apresentam-se abaixo. A figura 78 mostra a composição da laje caso fosse executada conforme o projeto estrutural, porém como vimos na figura 67 o projeto estrutural não estaria de acordo com o esperado pelo arquitetônico. Essa inconformidade só foi notada um dia antes da concretagem da laje, quando os projetistas foram conferir as armaduras e verificaram que a laje não estava de acordo com o projeto arquitetônico.

Item	Especificações	Qtyd	Ud	SINAPI / SEOP / Mercado			Mat/Ud	M.O/ud	Custo Mat. - Sem BDI	Custo M.O. - Sem BDI	Unitário Adotado	Custo Final
				Custo Unit.	Mat.	M.O.						
<b>1</b>	<b>LAJE</b>											
1.1	<b>Correções</b>											
1.1.1	CONCRETO ESTRUTURAL 25MPa usinado, bombeado; inclusive lançamento, adensamento e acabamento; cura de acordo com prazo e técnica; conforme especificações.	3,32	m³	315,00	315,00	0,00	315,00	0,00	1.045,80	0,00	MERCADO	1.045,80
1.1.2	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA PARA FORMA DE CONCRETO, E = 10 MM	27,70	m²	23,80	23,80	0,00	23,80		659,26	0,00	MERCADO	659,26
1.1.3	VERGALHAO AÇO CA50 5mm	88,07	kg	3,16	3,16	0,00	3,16	0,00	278,30	0,00	MERCADO	278,30
1.1.4	VERGALHAO AÇO CA50 6.3mm	39,90	kg	3,18	3,18	0,00	3,18	0,00	126,88	0,00	MERCADO	126,88
<b>R\$ 2.110,24</b>												

**Figura 78: Composição da laje de projeto**

Fonte: Aatoria Própria (2015).

A figura 78 não apresenta custo de mão de obra, pois esta já era inclusa no custo total da obra, acertado como proprietário no começo da execução da residência.

Utilizando do projeto estrutural de lajes, da planta de locação do pavimento superior foi possível estudar o perímetro que apresentava a inconformidade, pode ser notado na figura 70 deste trabalho. Com isso, calculou-se o material necessário para a solução, assim como, a mão de obra de sete dias úteis a mais, visto que foi o tempo de atraso do serviço. A composição da laje com a solução proposta apresenta-se por meio da figura 79.

Item	Especificações	Qtd	Ud	SINAPI / SEOP / Mercado			Mat/Ud	M.O/ud	Custo Mat. - Sem BDI	Custo M.O. - Sem BDI	Unitário Adotado	Custo Final
				Custo Unit.	Mat.	M.O.						
<b>1</b>	<b>LAJE</b>											
//	<b>Correções</b>											
1.1.1	CONCRETO ESTRUTURAL 25MPa usinado, bombeado; inclusive lançamento, adensamento e acabamento; cura de acordo com prazo e técnica; conforme especificações.	8,38	m³	315,00	315,00	0,00	315,00	0,00	2.639,70	0,00	MERCADO	2.639,70
1.1.2	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA PARA FORMA DE CONCRETO, E = 10 MM	27,70	m²	23,80	23,80	0,00	23,80	0,00	659,26	0,00	MERCADO	659,26
1.1.3	VERGALHAO AÇO CA50 5mm	110,80	kg	3,16	3,16	0,00	3,16	0,00	350,13	0,00	MERCADO	350,13
1.1.4	VERGALHAO AÇO CA50 6.3mm	39,90	kg	3,18	3,18	0,00	3,18	0,00	126,88	0,00	MERCADO	126,88
1.1.5	BLOCO CERÂMICO(alvenaria de vedação), 6Furos, de 14x19x23	440,00	ud	0,85	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MERCADO	374,00
1.1.6	MAO DE OBRA RETRABALHO	27,70	m³	108,30	0,00	108,30	0,00	108,30	0,00	2.999,99	MERCADO	2.999,99
<b>R\$ 7.149,96</b>												

Figura 79: Composição da correção na laje

Fonte: Aatoria Própria (2015).

Percebe-se que a laje que custaria R\$2110,24 passou a custar R\$7149,96, isto é, essa inconformidade custou 5039,72\$ a mais ao proprietário, significando quase 400% a mais do valor previsto, além de uma semana adicional de mão de obra, alterando o cronograma proposto.

- Interferência das vergas

A segunda inconformidade estuda é referente a falta de projeto das vergas, as quais foram executadas sem que estejam presentes nos projetos, gerando um aditivo, assim como, um atraso no cronograma, por ser um serviço que não estava planejado.

A composição gerada para analisar os custos não esperados, apresentada na figura 80 considera vergas de dimensões de 14cm de largura e 20cm de altura e os valores obtidos foram cálculos provenientes de dados dos projetos e informações extraídos na obra.

Item	Especificações	Qtd	Ud	SINAPI/SEOP/Mercado			Mat/Ud	M.O/ud	Custo Mat. - Sem PDI	Custo M.O. - Sem PDI	Unitário Adotado	Custo Final
				Custo Unit.	Mat.	M.O.						
<b>1</b>	<b>VERGAS</b>											
<b>1.1</b>	<b>Correções</b>											
1.1.1	CONCRETO ESTRUTURAL 25MPa usinado, bombeado; inclusive lançamento, adensamento e acabamento; cura de acordo com prazo e técnica; conforme especificações.	1,33	m²	315,00	315,00	0,00	315,00	0,00	419,39	0,00	MERCADO	419,39
1.1.2	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA PARA FORMA DE CONCRETO, E = 10 MM	20,92	m²	23,80	23,80	0,00	23,80	0,00	497,90	0,00	MERCADO	497,90
1.1.3	VERGALHAO AÇO CA60 5mm	15,82	kg	3,16	3,16	0,00	0,00	0,00	49,98	0,00	MERCADO	49,98
1.1.4	VERGALHAO AÇO CA50 8mm	74,18	kg	3,20	3,20	0,00	0,00	0,00	237,37	0,00	MERCADO	237,37
1.1.5	MÃO DE OBRA	19,02	m²	131,44	0,00	131,44	0,00	0,00	0,00	131,44	MERCADO	2.499,99
												R\$ 3.704,63

**Figura 80: Composição das vergas**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

Nota-se que era um serviço que não era previsto, gerando um atraso no cronograma, além de R\$3704,63 de custo imprevistos, este valor descontando vinte centímetros de alvenaria, logo se um metro de alvenaria representa 0,20m² de parede, então se temos 47,55m linear de vergas, teremos 9,51m² alvenaria, com custo de R\$ 119,03/m², valor de mercado, então o custo adicional será de R\$ 2.572,65.

Sem falar que são elementos que assumem função estrutural, onde suportam cargas provenientes das esquadrias e da alvenaria, onde foram moldadas sem qualquer projeto de forma ou armadura, sendo uma decisão totalmente tomada em obra.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A complexidade das atividades no setor da construção civil avança assim como evolui a tecnologia, e para acompanhar esse desenvolvimento busca-se cada vez mais profissionais capacitados, pessoas que apresentam resultados eficientes as empresas, pois o setor está altamente competitivo. O processo construtivo eficaz é uma das alternativas para garantir uma posição perante essa competitividade, logo a prática da compatibilização de projetos tem um papel importante na busca dessa eficiência, precavendo de gastos e desperdícios na fase de execução.

Como consta nas informações presentes neste trabalho, a prática da compatibilização, assim como, o diálogo entre os projetistas vem sendo algo fundamental para se obter um projeto de qualidade, afim de minimizar os conflitos existentes entre os diversos subsistemas do empreendimento, resultando em uma execução simplificada e otimizada.

O presente trabalho demonstrou através de um estudo de caso em uma residência unifamiliar com a utilização do *software Revit*, este da plataforma BIM, a compatibilização dos projetos arquitetônico e estrutural no modelo bidimensional e tridimensional.

A experiência de trabalhar com esse *software* foi excelente, ele apresentou-se de forma simples e surpreendeu com a facilidade de comando, sua interface e principalmente com a sua engrenagem de parametrização, onde qualquer alteração acarretava em mudanças em todo o projeto. A cultura de se trabalhar com o AutoCAD nos limita a conhecer e a utilizar novos *software* como o Revit, porém dos *softwares* com modelagem tridimensional disponíveis, com certeza esse é um dos mais avançados e simples de trabalhar.

Em seguida, identificou-se as interferências onde estas foram descritas e apresentadas em forma de figuras no trabalho. Algumas das interferências são visíveis em obra, porém outras como, erros de legenda e pilares em confronto com esquadrias, estas foram corrigidos no decorrer da obra.

Em contrapartida, as inconformidades contatadas na compatibilização presentes na execução, acarretaram em problemas estéticos, retrabalhos, custos adicionais e atraso no cronograma. Como vimos na análise de custos elaborada no presente trabalho, onde foram analisadas duas das inconformidades de projetos

encontradas, a um elevado custo de retrabalho e correções para adequar os projetos.

Com isso, fica visível que os projetos desenvolvidos de forma isolada, sem a interação dos profissionais envolvidos, assim como, a falta de leitura e interpretação dos projetos, além do pouco tempo destinado a elaboração dos mesmos, geram prejuízos para o setor da construção civil. Tendo em vista que o setor no Brasil vive hoje uma fase de busca por novas formas de diminuir custos e minimizar processos, a compatibilização abre caminhos para uma nova área dentro da engenharia, o gerenciador de projetos, ou coordenador de projetos.

O estudo de caso desenvolvido vem confirmar a importância da prática de compatibilização de projetos, visto que muitas das interferências encontradas poderiam ter sido notadas mesmo ser a utilização do programa, podendo ser corrigidas antes mesmo de chegar na obra, reduzindo os gastos e retrabalhos gerados, podendo cumprir melhor o cronograma proposto, executando uma obra com qualidade, atingindo as expectativas do cliente.

## 6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O tema apresentado neste trabalho com os resultados obtidos concede a possibilidade de novos estudos na área, como:

- Quantificar economicamente as vantagens de se realizar uma compatibilização;
- Realizar a compatibilização dos outros projetos que compõem a residência;
- Comparar a compatibilização e a verificação de inconformidades em um sistema de projeção bidimensional (2D) e na modelagem tridimensional (3D).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDABÓ, Ricardo. **Gerenciamento de projetos: procedimento básico e etapas essenciais**. 1.ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda. 2001.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 12722**: discriminação de serviços para construção de edifícios. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 13532**: elaboração de projetos de edificações. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 6492**: representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118**: projeto de estrutura de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASHLEY Steven. **DARPA initiative in concurrent engineering**. Mechanical Engineering, v. 114, n.4, p. 54-57, 1992.

ARAÚJO, R. H. **Decomposição de conhecimento para projeto de produto: abordagem para estruturar sistema especialista como sistema auxiliar de informações em projetos de engenharia simultânea**.2000. Tese (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

BAÍA, J. L.; MELHADO, S.B. **Sistemas de gestão da qualidade em empresas de projeto; aplicação ao caso das empresas de arquitetura**. Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Construção de Edifícios. EPUSP, São Paulo, nov1993.

BARROS, M.M.S.B.,MELHADO, S.B. **Produção de estruturas de concreto armado de edifícios.** São Paulo: EPUSP, 1993. (Texto técnico da Escola Politécnica da USP). Departamento de Engenharia de Construção Civil. (TT/PCC/04).

BARROS, M.M.S.B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.** São Paulo Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996. (Tese de Doutorado)

BERTEZINI, Ana Luisa. **Métodos de avaliação de projeto de arquitetura na construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade.**2006. 208f. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CALLEGARI, S; **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares.**2007.160 f. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CARDOSO, Francisco Ferreira; SILVA, Fred Borges da; FABRÍCIO, Márcio Minto. **Os fornecedores de Serviços de engenharia e Projetos e a Competitividade das Empresas de Construção de Edifícios.** São Paulo,1998.

CASTELLANO, S. **Proposição de um Modelo para Planejamento e Desenvolvimento de Projetos em Empresas de Alta Tecnologia.** Tese Mestrado, UFSC. Florianópolis/SC, 1996.

VANNI, Cláudia Maria Kattah; **Análise de falhas aplicada á compatibilidade de projetos na construção de edifícios.**1999. 212f. Dissertação (Engenharia da produção), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

COELHO, S.B.S.; NOVAES, C. C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para a gestão de projetos na construção civil.** In: VII Woskshop Brasileiro – Gestão do Processo de Projetos na Construção de

Edifícios. Gestão de projetos no Brasil e no Mundo. São Paulo: Escola Politécnica, USP, 2008.

DINSMORE, P.C **Gerência de Programas e Projetos**. São Paulo, Ed.Pini, 1992, 176p.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons,2008.

ELLIS, T.I.A.et al. **An information sharing platform for concurrent engineering**. In: integrated Manufacturing Systems Engineering. Springer US, 1995.p. 262-276.

FABRÍCIO, M.M.,MELHADO, S.B. **A importância do estabelecimento de parcerias construtora projetista para a qualidade na construção de edifícios**. ENTAC 98. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, 1998.p 456.

FARIA, Renato. **Construção integrada**. Revista Técnica. São Paulo: Pini,n.127, p.44-49, out. 2007.

FIERGS M.; CIERGS C. **Controle do Processo de Projeto na Construção Civil**. 1999. Tese Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

FERREIRA, Sérgio Leal. **Proposta de ampliação do modelo IFC com a contribuição do IES LM-63: A luminária no ciclo de vida da edificação**. 2005. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

GARCIA MESSEGUER, AG. **Controle e garantia da qualidade na construção. do Processo de Projeto na Construção Civil**. São Paulo, SINDUSCON-SP, 1991.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2007.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos**.2003. Dissertação Mestrado,

IPT. São Paulo/SP, 2003.

HAMMARLUND, Y., JOSEPHSON, P.E. **Qualidade; cada erro tem seu preço..** Trad. de Vera M.C. Fernandes Hachich. *Téchne*, n.1 ,p.32-4, nov./dez.1992.

IPT. São Paulo/SP, 2003.

*KYMMEL, W. **Building Information Modeling. Plannig anda managing constrction Project with 4D and simulations. McGraw – Hill,2008.***

MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B. **O processo de projeto e a qualidade dos edifícios.** In: NUTAU 96, Seminário Internacional NUTAU, São Paulo, 1996.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas.** São Paulo: Editora Pini, 2006.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** 1994.138 f. Tese Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B.; BARROS, M.M.S.B.; SOUZA, A.L.R. **Qualidade do Projeto de Edifícios: diagnostico da qualidade de projeto na empresa.-** São Paulo, EPUSP-PCC,1998.

MELHADO, S. B. **Coordenação de Projetos de Edificações.** Editora Nome da Rosa, São Paulo 1º Edição, 2005.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Coordenação de Projetos de Edificações.** São Paulo: O nome da Rosa, 2006.

PEDRINI, Manuela Kautscher. **Engenharia simultânea: planejamento e controle integrado do processo de produção/projeto na construção civil.** 2012.233 f. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

PERALTA, Antônio Carlos. **Um modelo do Processo de Projeto de Edificações, Baseado na Engenharia Simultânea, em Empresas Construtoras Incorporadoras de Pequeno Porte.** 2002.143 f.Tese de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

RAUBER, Felipe Claus. **Contribuições ao Projeto Arquitetônico de Edifícios em Alvenaria Estrutural.** 2005. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Bases para Projetos Estrutural na Arquitetura.** 2ª ed. São Paulo: Zingurate Editora, 2007.

SANTOS, A.; POWELL, J.; FORMOSO, Carlos Torres. **Transferência de “Know-How” no Ambiente da Construção Civil.** In: Encontro Nacional do Ambiente Construído – Qualidade no Processo Construtivo, abr. 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: USFC, 1998, VOL II, p.9-17.

SILVA, M. V.M.F.P. **As atividades de coordenação e a gestão do conhecimento nos projetos de edificações.** Dissertação. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

SOLANO, R. S. **Compatibilização de projetos na construção civil de edificações: Método das dimensões possíveis e fundamentais.** In: V Workshop de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Florianópolis, 2005.

SOUZA, A.L.R.,SABBATINI, F.H. **A importância de um sistema de informação no desenvolvimento de projetos de edifícios.** Congresso Latino Americano de Tecnologia e gestão na Construção de Edifícios. EPUSP – São Paulo, 1998.

SOUZA, R. et al. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras.** São Paulo: Pini, 1995. 247p.

SOUZA, Livia L. Alves. **Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário.** Univerisade Federal Fluminense. Rio de Janeiro,2009.