

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**JESSICA REGINA BORGES**

**ELABORAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO ARQUITETÔNICO E  
ESTRUTURAL DE HABITAÇÃO SOCIAL UTILIZANDO OS PROGRAMAS REVIT  
E TQS**

**PATO BRANCO**

**2022**

**JESSICA REGINA BORGES**

**ELABORAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO ARQUITETÔNICO E  
ESTRUTURAL DE HABITAÇÃO SOCIAL UTILIZANDO OS PROGRAMAS REVIT  
E TQS**

**Preparation and compatibility of architectural and structural project for  
social housing using revit and tqz programs**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Orientador(a): MSc. Rayana Carolina Conterno

**PATO BRANCO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**JESSICA REGINA BORGES**

**ELABORAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO ARQUITETÔNICO E  
ESTRUTURAL DE HABITAÇÃO SOCIAL UTILIZANDO OS PROGRAMAS REVIT  
E TQS**

Data de aprovação: 28 de novembro de 2022.

---

Rayana Carolina Conterno

Mestrado em Desenvolvimento Regional - UTFPR

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

---

Paôla Regina Dalcanal

Doutorado em Engenharia Civil Civil - Estruturas - PUC-RIO

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

---

Heloiza Aparecida Piassa Benetti

Doutorado em Engenharia de Produção - UFGRS

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

**PATO BRANCO**

**2022**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados durante todos os meus anos de estudos.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, aos professores do curso de Engenharia Civil, por todo o conhecimento, pela ajuda e dedicação com a qual guiaram o meu aprendizado.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Aos meus colegas de sala.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Eu denomino meu campo de Gestão do Conhecimento, mas você não pode gerenciar conhecimento. Ninguém pode. O que você pode fazer, o que a empresa pode fazer é gerenciar o ambiente que otimize o conhecimento.  
(PRUSAK, Laurence, 1997)

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma sequência para modelar e, posteriormente, identificar discrepâncias entre projetos das disciplinas arquitetônicas e estruturais de uma habitação social, por meio da tecnologia BIM e CAD/TQS®, com o objetivo de colaborar na compatibilização de projetos e evitar que conflitos encontrados venham a ser decididos em fase de obra. A compatibilização de projetos ainda é uma atividade pouco explorada entre as diversas disciplinas de projeto, entretanto, com o uso da tecnologia BIM muitas adversidades encontradas apontam soluções possíveis, que não são completamente dependentes da análise humana para o reconhecimento. A metodologia adotada nesta pesquisa foi a elaboração de um projeto arquitetônico e estrutural para uma edificação com características de habitação social. Através do auxílio ferramentas computacionais, os modelos foram testados para a detecção de interferências entre eles. Através do trabalho realizado a compatibilização de projetos mostrou-se como necessária para qualquer empreendimento, antecipando as possíveis interferências das diversas especialidades, evitando erros, retrabalho e desperdícios no canteiro de obras.

**Palavras-chave:** compatibilização de projetos; BIM; inconformidades.

## ABSTRACT

This work presents a sequence to model and, subsequently, identify discrepancies between projects of the architectural and structural disciplines of a social housing, through BIM and CAD/TQS® technology, with the objective of collaborating in the compatibility of projects and preventing conflicts encountered will be decided during the construction phase. The compatibility of projects is still a little explored activity among the different design disciplines, however, with the use of BIM technology, many adversities found point to possible solutions, which are not completely dependent on human analysis for recognition. The procedure adopted in this research was the elaboration of an architectural and structural project for a building with characteristics of social housing. Using computational tools, the models were tested to detect interference between them. Through the work carried out, the compatibility of projects proved to be necessary for any undertaking, anticipating the possible interference of the various specialties, avoiding errors, rework and waste at the construction site.

**Keywords:** project compatibilization; BIM; nonconformities.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1: Combinação da equipe de projeto multidisciplinar .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 2: Utilização da plataforma BIM na indústria da Arquitetura, engenharia e construção .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 3: Dimensões do BIM .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 4: Especificações para habitação popular .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 5: Planta baixa .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 6: Vista explodida do telhado da residência .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 7: Formato de vergalhões (a) .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 8: Formato de vergalhões (b) .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 9: Vínculo do projeto arquitetônico com projeto estrutural .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 10: Locação das sapatas retangulares .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 11: Representação gráfica das sapatas e vigas baldrame .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 12: Representação gráfica das sapatas e vigas baldrame .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 13: Corte longitudinal.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 14: Corte esquemático .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 15 Planta do pavimento térreo .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 16: Janela de elementos de fundação .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 17: Diferentes dimensões da sapata (a) 60x60 cm, (b) 70x85 cm e (c) 100x120 cm .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 18: 3D de fundações.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 19: Representação em planta dos pilares P6,P7,P13, P36.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 20: Pilares em vermelho .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 21: Peso de revestimento por face KN/m<sup>2</sup> .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 22: Carga de alvenaria no edifício.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 23: Representação das Lajes L4 E L5.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 24: Representação das Lajes L4 E L5.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 25: Dimensão mínima para lajes em balanço .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 26: Cargas permanentes e variáveis na cobertura .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 27: Inserindo dados do edifício.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 28: Aba "Cobrimentos" .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 29: Grupos de combinações .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 30: Ferramenta para detecção de conflitos no projeto .....</b>	<b>58</b>

<b>Figura 31: Verificação de interferências.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 32: Relatório de interferências .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 33: Representação espacial de conflito em destaque no relatório de interferência.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 34: Edição do limite do Contrapiso.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 35: Corte representando piso não interferindo na viga baldrame .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 36: Nenhuma interferência entre piso x viga baldrame .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 37: Corte para verificar a interferência pilar P20 x laje de forro.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 38: Verificação da consistência de planta.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 39: Solução de pilares com casos especiais .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 40: Processamento global, apenas esforços .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 41: Avisos e erros após o processamento de esforços.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 42: Valores de yz .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 43: Sugestão de coeficiente de arrasto .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 44: Alteração dos coeficientes de arrasto.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 45: Ângulo sem nenhum valor .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 46: Segundo processamento e análise de erros graves .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 47: Análise de erros graves na Fundação .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 48: Tarja em vermelho indicando erros graves na sapata.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 49: Desmarcando opção Dimensões Fixas .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 50: Novas dimensões de um elemento de fundação.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 51: Contorno das bordas das Lajes.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 52: Apoio em balanço (linha dupla continua) .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 53: Verificação de erros graves .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 54: Armadura longitudinal na viga baldrame.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 55: Detalhamento e dimensionamento da viga baldrame.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 56: Quantidade de armadura longitudinal e transversal.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 57: Corte A do Pilar P30.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 58: Detalhamento e dimensionamento do Pilar .....</b>	<b>76</b>



**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1: Peso na superfície horizontal (kN/m<sup>2</sup>) .....</b>	<b>54</b>
---	-----------

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Coef.	Coeficiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Normas Brasileiras
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
BIM	<i>Building Information Modeling</i>

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>23</b>
1.1.1	Objetivo geral .....	23
1.1.2	Objetivos específicos.....	23
<b>1.2</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>24</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1</b>	<b>Compatibilização de projetos.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2</b>	<b>Engenharia Simultânea.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3</b>	<b>Plataforma BIM (Building Information Modeling) .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.1</b>	<b>REVIT.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4</b>	<b>Software CAD/TQS®.....</b>	<b>34</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>36</b>
<b>4.</b>	<b>ESTUDO DE CASO - HABITAÇÃO SOCIAL .....</b>	<b>38</b>
4.1	Caracterização e modelagem do Projeto Arquitetônico no <i>software</i> Revit 38	
4.2	Caracterização e modelagem do Projeto Estrutural no <i>software</i> Revit...40	
4.3	Modelagem e caracterização do Projeto Estrutural no software CAD/TQS®.....	47
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1</b>	<b>Verificação de Inconformidades e Compatibilização pelo <i>software</i> Revit</b>	<b>58</b>
<b>5.2</b>	<b>Processamento Global do Edifício com o <i>software</i> CAD/TQS®.....</b>	<b>64</b>
<b>5.3</b>	<b>Comparação dos resultados Revit x CAD/TQS® de dois elementos estruturais.....</b>	<b>72</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Viga Baldrame.....</b>	<b>72</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Representação de Pilares .....</b>	<b>74</b>
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>77</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>79</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>83</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com o intuito de melhorar o processo de construção civil e torná-lo mais eficaz, percebe-se a problemática em se desconsiderar a compatibilização dos projetos como fase relevante no planejamento das obras, evitando discrepâncias, desperdício de tempo, retrabalhos e gastos desnecessários.

Uma vez que, a compatibilização de projetos de engenharia e arquitetura demanda de uma coleção de projetos – arquitetônico, estrutural, instalações hidrossanitários, entre outros, sua aplicação tem se tornado tendência na construção civil, sendo ferramenta fundamental no desenvolvimento dos projetos, identificando e eliminando problemas ainda na fase de concepção (REGO, 2001).

Gus (1996) menciona que para resolver os problemas encontrados de uma maneira breve, o uso da compatibilização de projetos é uma possibilidade, que por sua vez analisa as interferências físicas na edificação entre várias modalidades, fazendo-se fundamental para qualquer construção.

Motteu e Cnudde (1989) consideram que, quando a atividade de projeto é pouco valorizada, os projetos são entregues à obra com erros e lacunas, levando a grandes perdas de eficiência nas atividades de execução, bem como ao prejuízo de determinadas características do produto que foram idealizadas antes de sua execução. Isso pode ser comprovado pelo grande número de problemas patológicos dos edifícios atribuídos às falhas de projeto.

A consolidação dos projetos e a inclusão de mais projetistas, afastou a execução no canteiro de obras do desenvolvimento de projetos no escritório. Scheer e Mikaldo (2008) *apud* Graziano (2003), definem a compatibilização de projetos como a análise de componentes de diferentes sistemas, para que não ocupem espaços iguais entre si. De modo que, a compatibilização de plantas é um sub processo inserido no desenvolvimento de projetos, que aponta a integração e o estudo de informações entre diferentes sistemas, de forma que não sejam divergentes entre si.

Existem diversas causas de incompatibilidade que resultam em dificuldades na fase executiva da obra, como atrasos, desperdício e/ou necessidade de compra de mais materiais, além de prováveis prejuízos na fase de utilização do imóvel se as inconformidades não forem detectadas, uma vez que pode ocasionar em

demonstrações patológicas na edificação (LORENZI *et al*, 2014). Isatto *et al*. (2000) indicam falhas de compatibilização como causadoras de perdas no processo construtivo, como por exemplo: a necessidade de demolição de alvenarias, aumento da espessura de lajes devido ao exagero de elementos de instalações em determinada seção da peça estrutural, entre outros.

Diante disso, o trabalho tem como objetivo principal a modelagem e compatibilização de projetos de uma habitação popular, com uso de ferramentas computacionais, evidenciando as vantagens do controle no processo de desenvolvimento dos projetos elaborados. E também apresentará as diferenças na modelagem com o uso dos programas Revit e CAD/TQS® demonstrando algumas etapas na concepção dos desenhos, na edição dos elementos que compõe a estrutura, na utilização do identificador de interferências e no momento de constatação de erros apresentados e manipulação das ferramentas que compõe os softwares.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Modelar e analisar a compatibilização do projeto arquitetônico e estrutural de uma habitação popular através dos *softwares* Revit e CAD/TQS®, visando a identificação de discrepâncias entre os projetos.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Modelar projeto arquitetônico em *software* BIM (*Building Information Modelation*);
- Gerar e dimensionar o pré-lançamento do projeto estrutural nos softwares Revit e CAD/TQS®;
- Realizar a compatibilização entre projeto arquitetônico e estrutural no *software* Revit ;
- Verificar pontos de inconformidades entre os projetos analisados.

## 1.2 Justificativa

Em razão do objetivo deste trabalho, procura-se aprimorar o conhecimento na compatibilização de projetos complementares de engenharia e arquitetura aplicadas em uma residência de habitação popular.

Para a execução de uma obra são essenciais diversos projetos, dentre os quais podem ser mencionados o projeto arquitetônico, projeto estrutural, projeto de instalações hidrossanitárias, projeto de instalações elétricas. Todos esses projetos resultam em muitos documentos, como representações gráficas e múltiplos memoriais. As informações destes projetos necessitam ser registradas, geridas e compartilhadas entre as partes interessadas, para que não se perca no decorrer do processo. Quando diferentes especialidades elaboram o projeto, podem ou não trocar informações entre si. Quando esta troca ocorre, tende a ser menos recorrente as incompatibilidades que envolvem a edificação, e se surgem mudanças, neste momento é mais fácil adaptá-las aos demais projetos complementares.

A importância da compatibilização pode ser verificada por meio dos desperdícios que a ausência desta pode causar. Rodriguez (2005) afirma que a falta de compatibilização pode cooperar para a elevação de custos devido ao desperdício com: superdimensionamento ou subdimensionamento dos sistemas; atrasos e retrabalhos devido a interferência entre os projetos, ou por falta ou incorreção de informações; e, desperdícios de recursos materiais e de mão de obra para a operação e manutenção.

Muitas empresas, na grande maioria que trabalham com a compatibilização de projetos, utilizam metodologias convencionais como a sobreposição de *layers* de diversas disciplinas em arquivo CAD (*Computer-aided design*), de modo que tudo é realizado de maneira visual em um sistema 2D – duas dimensões. Assim, fica evidente a importância deste trabalho visando avaliar as particularidades inerentes ao processo e compatibilização, indicando possíveis falhas.

Dessa maneira, a execução de uma obra que foi elaborada através do processo de compatibilização proporciona maior segurança e confiança, para todos os profissionais envolvidos na elaboração dos projetos. Assim o processo construtivo torna-se mais eficaz e menos tardio, também, não há compras de materiais excedentes e uma provável satisfação com o produto final.

A compatibilidade vem ganhando vulto nos últimos anos, porém, por se tratar de um novo custo atrelado aos projetos, tende a ser opção na maioria das vezes, apenas em obras de grande porte, edifícios multipavimentos, ou obras residenciais de porte médio ou alto. Neste estudo o escopo está relacionado a obras de habitação popular, que até a data de julho de 2020 eram desenvolvidas pelo projeto Minha Casa Minha Vida, e hoje atendida pelos financiamentos de Casa Verde e Amarela e Pró Moradia que foram lançados em agosto de 2020. São edificações com metragem de 50 a 70 m<sup>2</sup>, para as quais, este estudo pretende avaliar os significativos ganhos com a compatibilização dos projetos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Compatibilização de projetos**

A criação de qualquer empreendimento na construção civil, seja ele de grande ou pequeno porte, surge das necessidades do investidor e do comprador, possuindo como causa básica as demandas do mercado e a potencialização dos lucros, por meio da redução de custos e tempo na execução da construção. Portanto, é imprescindível a formação de um grupo de projetos, para que se determine uma estratégia a ser seguida nas diferentes etapas da execução do edifício.

O desenvolvimento dos diversos projetos, os chamados projetos complementares, é relevante para a construção do edifício e deve ser visto como uma aplicação e não como um custo extra, na medida em que é neste processo em que se pode antever problemas de execução, extinguindo retrabalhos posteriores. Adesse e Melhado (2003) afirmam que diversas empresas do setor da construção civil constataram que se tornou fundamental a utilização de critérios que assegurem a racionalização da obra e a construtibilidade, exigindo projetos adequados e harmônicos entre si. A coordenação dos diversos projetos que compõem a construção de um imóvel passou a ser necessária e indispensável para um resultado coerente com os padrões de qualidade vendidos e almejados.

Duarte e Salgado (2002) observam que um projeto executivo compatibilizado pode ser um eficaz instrumento capaz de aperfeiçoar o uso de materiais, diminuindo desperdícios na hora de sua colocação, como também, orientando as melhores soluções de integração dos sistemas construtivos utilizados, assim, evitando incompatibilidades.

Na fase de projeto executivo, o profissional responsável pelo projeto arquitetônico, na grande maioria um arquiteto, não deve ser um idealizador isolado, mas um coordenador que participe de maneira integrada, desde o início da criação arquitetônica, até o produto executado.

Diante disso, a compatibilização de projetos funciona como uma maneira de interação entre os diversos modelos de projetos, tendo como propósito, captar as intercorrências que possam surgir na etapa de execução. A combinação de projetos é um sub processo dentro do desenvolvimento de projetos, que aponta a associação



e a análise de informações entre diferentes sistemas, de modo que não sejam divergentes entre si.

Eastman *et al.* (2008) afirma que na indústria da construção civil, a incompatibilidade entre sistemas frequentemente impede que membros de equipes do empreendimento compartilhem informações com a agilidade e confiabilidade requeridas. Além disso, apesar de a colaboração e a compatibilização com a utilização de desenhos ser possível, ela é inerentemente, mais complexa e demorada do que o trabalho com um modelo BIM coordenado, pois o controle de modificações pode ser melhor gerenciado.

Callegari (2007) explica que a compatibilização consiste na ação do gerenciamento e integração dos projetos, tendo como objetivo a sincronização entre eles, eliminando os conflitos entre os projetos relacionados a determinada obra, simplificando a execução, otimização e utilização de materiais, tempo e mão-de-obra, bem como as posteriores manutenções. Mikaldo (2008) corrobora dizendo que a compatibilização torna os projetos incompatíveis, levando as soluções integradas, tornando o empreendimento executável.

Considerando obras de pequeno porte, Fruet e Formoso (1993) apontam os principais problemas que surgem ainda na etapa de projeto, quando mal planejados, que são:

- Incompatibilidades entre diferentes projetos;
- Erros ou diferenças de cotas, níveis, alturas;
- Falta de detalhamento dos projetos;
- Detalhamento inadequado dos projetos;
- Falta de especificação de materiais e componentes.

Por fim, ao verificar as inconformidades entre os projetos envolvidos, proporciona-se vantagens ao método de projetos por meio de adaptações e correções tomadas durante a criação do esquema, buscando melhoria e aperfeiçoamento tanto no projeto, quanto na execução da obra de uma forma mais eficiente e econômica.

## 2.2 Engenharia Simultânea

Para 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.

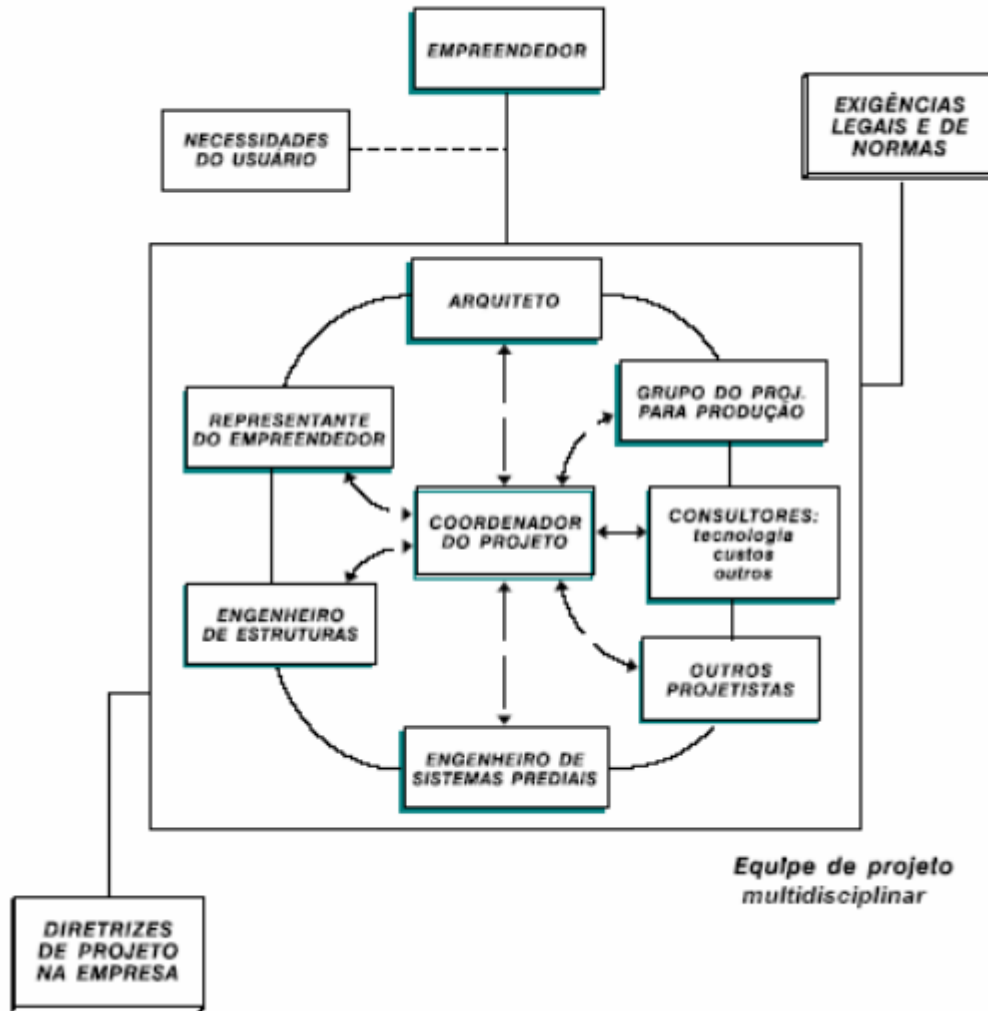
A engenharia simultânea ou projeto simultâneo, ao contrário do processo de projeto tradicional, prega que a integração entre todos os envolvidos, é fundamental para um produto final melhor em um empreendimento imobiliário (FABRICIO e MELHADO, 2002).

Sob esta visão, Melhado *et al.* (2005) afirmam que o coordenador de projetos deve possuir um amplo conhecimento multidisciplinar, incluindo produto e produção, uma grande capacidade de gerenciar o processo e integrar os profissionais das equipes de projeto e seus trabalhos. Além disso, competência gerencial é uma competência camuflada, assim como liderança, trabalho em equipe e visão estratégica, e compete ao coordenador de projetos tais características (NEVES e FORMOSO, 2003).

Existe uma grande necessidade no setor da construção civil de aperfeiçoar a elaboração dos projetos de edificações para interagir com a execução no sentido de otimizar e agregar valor ao empreendimento como produto final. Em função disto, deve-se tratar o projeto como elemento fundamental na concepção de um empreendimento (SOUZA *et al.*, 1995).

Entretanto, de acordo com Baldwin *et al* (1999), a insuficiência de informações durante o processo de projeto leva a tomada de decisões com base em suposições, seja por falta de dados consistentes ou por falta de comunicação entre os participantes do projeto. Mas, na literatura, surgem diversas ferramentas que podem auxiliar na união das equipes e tarefas, como a combinação da equipe de forma multidisciplinar (Figura 1).

Figura 1: Combinação da equipe de projeto multidisciplinar



Fonte: MELHADO et al. (2005).

Neste arranjo da equipe, apresenta-se um novo integrante que é o coordenador de projeto, ele quem coordena todas as atividades do processo de projeto e interage com todos os componentes do empreendimento de modo a buscar soluções integradas.

Desta forma, a engenharia simultânea que tem como objetivo integrar as diversas etapas durante o processo de elaboração dos projetos de forma a prever e 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 de novos métodos e procedimentos (FABRICIO e MELHADO, 1998).

### **2.3 Plataforma BIM (Building Information Modeling)**

Atualmente, a tecnologia BIM tem sido bastante discutida como uma ferramenta da engenharia simultânea por se tratar de um conceito relativamente novo da construção civil. Essa tecnologia envolve ferramentas para criação de modelos de simulação, prevendo possíveis comportamentos, desempenho ou a aparência de um elemento de projeto de engenharia (BORTOLOTTI, 2014).

Freitas (2014) aponta como a principal característica do BIM a combinação do seu sistema de modelação 3D com uma gestão, partilha e troca de dados durante a vida útil do edifício, tendo como resultado um modelo de imagens gráficas tridimensionais em tempo real, onde cada objeto apresenta dados físicos reais.

O BIM traz consigo grandes inovações no momento de projetar, em especial, a melhoria do trabalho em ambiente 3D, agrupando toda a produção em um único modelo. Ainda, proporciona uma análise mais detalhada de todo o seguimento da construção, antes que o projeto seja finalizado, já que a plataforma proporciona a verificação de possíveis interferências que são atualizadas conforme a introdução das alterações (REZENDO, 2008).

A tecnologia BIM é inovadora, promissora, trazendo a possibilidade de modelar considerando as dimensões, a localização e o tempo. Garibaldi (2020) define o modelo 3D-BIM (modelagem tridimensional) como o processo de reunir informações gráficas e não gráficas, distribuindo “informações em um ambiente de compartilhamento de dados acessível, rastreável, transparente, confidencial e seguro” (GARIBALDI, 2020). Neste espaço todos os profissionais envolvidos podem compartilhar suas informações produzidas.

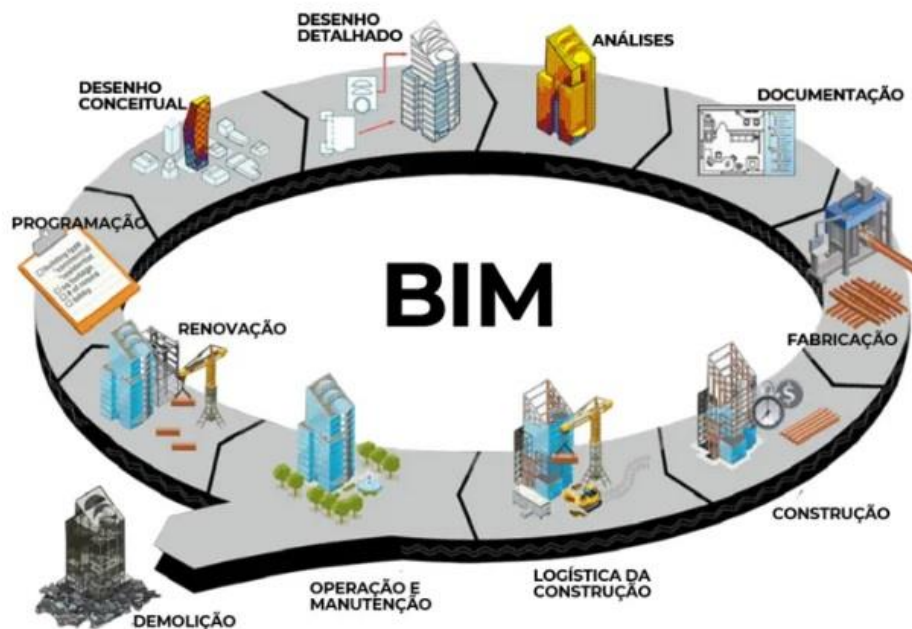
Já o modelo 4D-BIM (planejamento), está relacionado ao planejamento do canteiro de obras, relacionando-se com mais um elemento - o tempo. As informações podem oferecer dados de quanto tempo estará envolvido até a conclusão do projeto, desde o início, passando pela evolução e finalização de uma obra por exemplo (GARIBALDI, 2020).

Com o modelo 5D-BIM (orçamento) é possível que todos “os envolvidos no projeto analisem os custos que serão incorridos ao longo do tempo em relação às atividades do projeto (GARIBALDI, 2020).

Campestrini (2015) descreve que o modelo 6D-BIM (sustentabilidade) é usado quando se deseja obter informações sobre a sustentabilidade (social, econômica e ambiental) da edificação. E, o Instituto Americano de Arquitetos (AIA, 2007) comenta de uma próxima dimensão que poderia surgir futuramente: a modelagem 7D-BIM (gestão e manutenção), que seria responsável por melhorar o ciclo de vida operacional.

Como dito, a ferramenta BIM não se resume então a apenas compatibilizar projetos, ela pode estar presente desde o levantamento topográfico até a pós-entrega. Além de existir uma cadeia produtiva da construção civil, em que a conexão de interdependência entre todos os membros da equipe/setor é muito grande (Figura 2).

**Figura 2: Utilização da plataforma BIM na indústria da Arquitetura, engenharia e construção**



Fonte: VOBI (2022).

Há estudos sobre as seguintes dimensões (Figura 3): 8D-BIM (segurança na fase de projeto e construção da obra) a 9D-BIM (construção enxuta) e a 10D-BIM (industrialização da construção), contudo, nota-se que ao elevar o nível de dimensão, mais detalhes, informações e resultados sobre a edificação serão obtidos e necessários para alimentá-lo.

Figura 3: Dimensões do BIM



Fonte: Biblus (2022).

### 2.3.1 REVIT

O *software* Revit desenvolvido pela empresa Autodesk, utiliza o sistema BIM e apresenta algumas vantagens no seu uso, como o fato de ser da mesma empresa que desenvolveu o AutoCAD, sistema muito utilizado nas áreas de engenharia e arquitetura, facilitando a geração do modelo e possibilitando aos profissionais navegar por diversos pontos do projeto.

Até 2015 o programa foi conhecido pelo nome Revit Architecture, por se tratar de uma ferramenta direcionada apenas para arquitetura. Mas, de maneira rápida tornou-se o mais utilizado no universo BIM e, ao longo dos anos de

desenvolvimento, o pacote do programa avançou e acrescentou mais ferramentas, que são: Revit Structures (voltado para engenharia estrutural) e Revit MEP (voltado para redes e instalações) (JIANG, 2011).

O Revit Architecture, utilizado para o projeto arquitetônico, possibilita a realização de modelo arquitetônico com base em famílias pré-definidas de um projeto arquitetônico. As famílias do Revit são definidas pela Autodesk como um grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades, chamado de parâmetros e uma representação gráfica relacionada. Existem famílias que são usadas para criação de elementos básicos da construção, como pisos, tetos, paredes ou escadas no modelo de construção. Já as famílias denominadas como: famílias componentes, podem ser criadas e carregadas de arquivos externos para o dentro do projeto em desenvolvimento.

Com o Revit Structure é possível modelar e detalhar elementos estruturais, como sapatas, vigas, lajes, pilares; para que se tenha uma análise estrutural mais realista, com projeto estrutural, detalhamentos, tabelas de quantitativos e documentação de forma rápida e eficiente (BRITO E TAKII, 2015). Já o Revit MEP (sigla referente a *Mechanical, Electrical and Plumbing*, em português, Mecânico, Elétrico e Hidráulico) é o processo de modelagem das instalações que inclui todas as informações físicas, técnicas e funcionais referentes aos sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos.

## **2.4 Software CAD/TQS®**

De acordo com o Manual do TQS Informática Ltda., o *software* CAD/TQS® é constituído por diversos subsistemas, que trabalham de maneira contínua e sequencial para o dimensionamento, detalhamento e desenho de um edifício de concreto armado.

De um modo geral, o CAD/TQS® apresenta características como: edifício de concreto armado constituído de Vigas, Pilares, Lajes, Blocos de Fundações, Sapatas, Estacas e Cargas (verticais e horizontais). Em função do modelo escolhido para o projeto, a estrutura deverá ser calculada por pórtico espacial, com ligação flexibilizada nas ligações de vigas e pilares, em que o modelo matemático, gerado



automaticamente, é uma representação muito boa da realidade, levando-se em conta o processo construtivo.

Os carregamentos de vento (esforço horizontal) são combinados com os esforços das cargas verticais, automaticamente. Divisão automática de sobrecargas acidentais, cargas permanentes e peso próprio. Discretização da fundação e análise da interação solo-estrutura com base nas características do solo, através de vários métodos. Criação automática de barras de pilares e vigas, e também é necessário preocupar-se com a fôrma e carregamentos.

Editor Gráfico próprio (software CAD) específico e orientado para as tarefas de engenharia estrutural. As lajes podem ser calculadas por processos simplificados, elásticos e plásticos. Os subsistemas existentes no CAD/TQS® são parte semi-independentes de entrada/processamento/saída de dados.

### 3. METODOLOGIA

Para Gil (2002), quanto aos objetivos desta pesquisa, ela se classifica como exploratória, que têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (GIL, 2002), sendo o que se pretende com o desenvolvimento dos projetos propostos. Considerando os procedimentos técnicos adotados, pode-se classificar também como um estudo de caso, que para Yin (2001, p.32) “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto na vida real”.

Em relação a natureza da pesquisa, esta pode ser considerada como aplicada, uma vez que é voltada à geração de conhecimento para solução de problemas específicos, buscando a verdade para determinada aplicação prática em situação particular (GIL, 2002).

Quanto a sua abordagem, a pesquisa terá caráter qualitativo, pois o processo é descritivo, indutivo, de observação que considera a singularidade do sujeito (GIL, 2002).

Para tanto, considerando o objeto de estudo definido para esta pesquisa como sendo uma residência de habitação social localizada no município de Pato Branco, o *software* utilizado para a modelagem, compatibilização e análise das interferências dos projetos arquitetônico e estrutural foram: Revit Architecture e Revit Structure, ambos da desenvolvedora Autodesk, e o programa CAD/TQS®.

Para compatibilização e verificação das possíveis falhas de interferência entre os projetos no *software* Revit, utilizou-se a ferramenta chamada “*clash detection*”, (traduzido para o português significa detecção de conflitos) consiste na verificação de possíveis interferências em um projeto (AKPONEWARE E ZULFIKAR, 2017). Essas interferências são problemas de compatibilização entre as disciplinas de projeto, como por exemplo: elétrica, hidrossanitário e pluvial (MESQUITA et al., 2018). Após esses conflitos serem detectados, os especialistas das áreas afetadas podem se reunir para corrigi-los da melhor maneira possível, de modo a gerar um novo modelo BIM sem conflitos (AKPONEWARE E ZULFIKAR, 2017).

Ambos os projetos, arquitetônico e estrutural, foram desenvolvidos pela autora desta pesquisa.

## 4. ESTUDO DE CASO - HABITAÇÃO SOCIAL

### 4.1 Caracterização e modelagem do Projeto Arquitetônico no *software* Revit

O projeto foi elaborado conforme as especificações do Código de Obras do município de Pato Branco – Lei municipal nº 959 de 1990, atendendo os requisitos da Figura 4 – Especificações para habitação popular, do referido documento (Tabela 1). Ainda, o projeto obedece a Lei complementar nº 46, de 26 de maio de 2011 – Lei de Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo no Município de Pato Branco, em adequação à Lei complementar nº 28, de 27 de junho de 2008.

**Figura 4: Especificações para habitação popular**

**TABELA I**  
**HABITAÇÃO POPULAR**

	Círculo inscrito diâmetro Mínimo	Área mínima (m <sup>2</sup> )	Iluminação mínima	Vent. mínima	Pé direito	Prof. Máxima	Revest. de Parede	Revest de piso	Verga máxima	OBS.
Vestíbulo	0,80	1,00	-	-	2,20	-	-	-	1/8 pé direito	(a)
Sala de estar	2,00	6,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Sala de refeições	2,00	6,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Copa	1,50	5,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Cozinha	1,50	4,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	Imperm.até 1,50m	imper.	1/8 pé direito	(b)
Banheiro	1,00	2,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	Imperm.até 1,50m	imper.	1/8 pé direito	(a) (d)
1º quarto	2,00	6,00	1/6	1/12	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Demais quartos	1,80	4,00	1/6	1/12	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Corredores	0,80	4,00	-	-	2,20	-	-	-	1/8 pé direito	(a)
Sótão	1,80	-	1/6	1/12	Min.1,80 Méd.2,20	-	-	-	-	(a) (c)
Porão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(c)
Abrigo	2,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	(e)
Escada	0,80	-	-	-	Altura mínima livre: 2,00	-	-	-	-	(f) (g)

**OBS:** 1 - Os itens iluminação mínima e ventilação mínima referem-se a relação entre a área de abertura e a área do piso.

2 - O item verga máximo refere-se a relação entre a altura da verga e a altura do pé direito.

(a) tolerada iluminação e ventilação zenital

(b) revestimento impermeável pode se restringir a parede que contiver a pia e o fogão.

(c) deverá satisfazer as condições exigidas para a finalidade a que se destina.

(d) não poderá comunicar-se diretamente com a cozinha ou sala de refeições.

(e) tolerada escada de marinheiro, quando atender até dois compartimentos (largura mínima = 60 cm) largura mínima : 25 centímetros.

**Fonte: Código de obras - Município de Pato Branco (2022).**

O terreno está localizado no bairro Parzianello, Rua Claudino Gresele, contendo as seguintes dimensões 13,50 x 22,50 m. Possui sua testada nivelada a nível de rua e desnível em uma pequena parcela do lote, de aproximadamente 3 metros, mas o projeto da habitação não atinge este local do lote.

Como ocorre em muitos casos no município, as habitações sociais são projetadas de forma geminada, utilizando parcelas de lotes, criando condomínios, assim, considerando as dimensões do lote e pensando no seu melhor

aproveitamento, o projeto foi idealizado ocupando meio terreno (6,75 m) e espelhado para a outra metade.

O projeto arquitetônico, em alvenaria, atingiu área total de 60,75 m<sup>2</sup> em um único pavimento (Figura 5), contemplando os seguintes ambientes: sala de estar integrado com cozinha e sala de jantar, dois dormitórios e um banheiro. A lavanderia ficou localizada na parte externa da edificação, como também a vaga de garagem (descoberta) para um automóvel.

Figura 5: Planta baixa



Fonte: Autoria própria (2022).

A cobertura da edificação, ilustrada em perspectiva na Figura 6, foi configurado por um telhado simples de uma única água composta por telhas de fibrocimento, obedecendo inclinação de 12% e com estrutura de madeira.

Por ser uma tendência no mercado da construção civil, foi utilizada platibanda escondendo o telhado. Para alocar a caixa d'água foi projetado um volume mais alto em relação ao telhado.

**Figura 6: Vista explodida do telhado da residência**



Fonte: Autoria própria (2022).

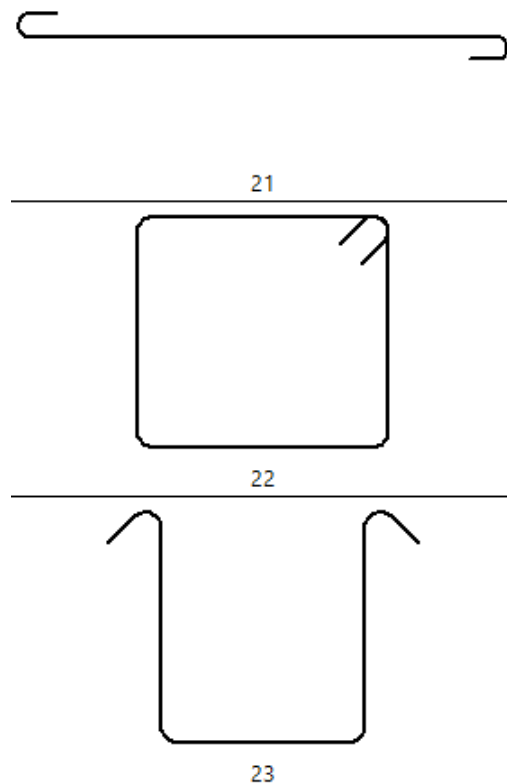
#### **4.2 Caracterização e modelagem do Projeto Estrutural no software Revit**

Na etapa de concepção estrutural é preciso entender o fluxo de trabalho entre os agentes envolvidos na elaboração dos projetos, arquitetônico e complementares, sendo uma via de mão dupla. Quanto mais detalhados a documentação e o projeto arquitetônico básico estiverem, melhor para a produção do planejamento estrutural, evitando retrabalhos futuros. Exemplificando, esquecer um furo em uma viga de concreto armado para passar uma tubulação de hidráulica pode causar prejuízos na obra, pois o reforço que deveria ter na estrutura naquele ponto, para receber esse furo, não foi dimensionado e custará mais caro fazer posteriormente.

O fluxo de trabalho do BIM surge para solucionar alguns desses problemas, pois ao mesmo tempo que se projeta, já é possível realizar a compatibilização dos projetos, em ambiente 3D, tendo, em tempo real, interoperabilidade e troca de informações entre os profissionais.

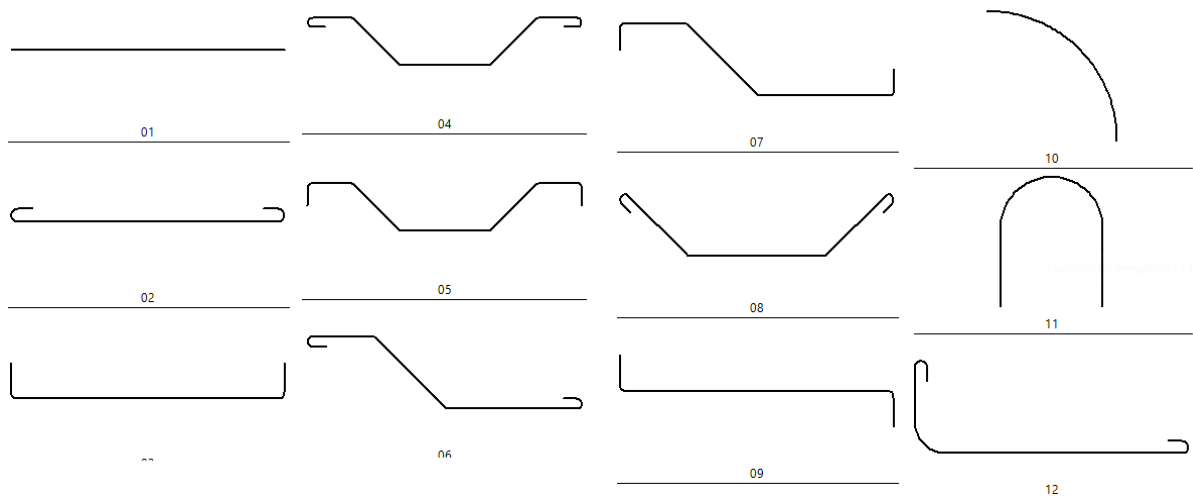
Para dar início ao projeto estrutural foi necessário incluir um *template* (modelo pré-definido que ajuda na criação do projeto) onde vigas, colunas, fundações, lajes já estão pré-configurado, assim como, os vergalhões que são demonstrados nas Figuras 7 e 8.

**Figura 7: Formato de vergalhões (a)**



**Fonte:** Revit Structure (2022).

**Figura 8: Formato de vergalhões (b)**

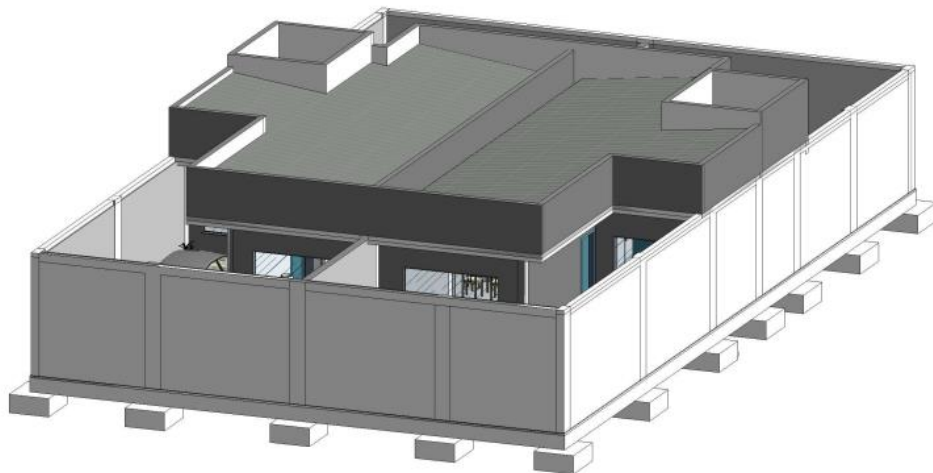


**Fonte: Revit Structure (2022).**

Desta forma, o projeto estrutural foi elaborado com vínculo ao projeto arquitetônico. O vínculo ajuda a elaborar diferentes projetos com disciplinas (sistemas) distintas dentro do modelo, pois a concepção de projeto estrutural, projeto hidrossanitário e projeto elétrico por exemplo, podem ser todos inclusos no mesmo modelo. Assim, o programa carregará todo o vínculo do projeto arquitetônico dentro do *template* de estruturas.

Neste momento, duplica-se o elemento 3D e altera sua disciplina para estrutura, identificando os componentes da habitação que interessam aparecer, como: paredes externas e internas, portas, janelas, telhados, pisos (Figura 9).

**Figura 9: Vínculo do projeto arquitetônico com projeto estrutural**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

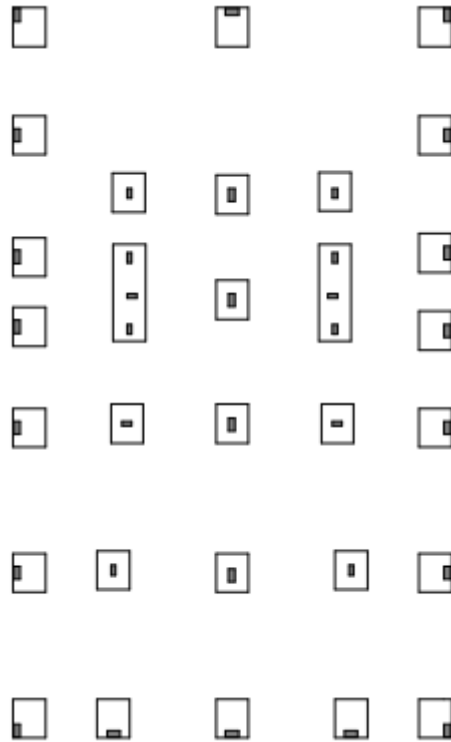


A edificação será construída no método convencional (estrutura de lajes, vigas e pilares de concreto armado moldados *in loco*). A resistência característica do concreto a compressão de 25 Mpa foi determinada de acordo com a Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para  $\Delta c=10$  mm, retirada da ABNT NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.. As vedações verticais externas e internas são de alvenaria de blocos cerâmicos e laje de concreto armado (h=12 cm), impermeabilizada, e acima dessa laje a estrutura de madeira com a função de apoiar a telha de fibrocimento e coletores de água com uma camada de Poliestireno Expansível - EPS.

Serão executadas fundações diretas, com sapatas em concreto armado assentadas diretamente sobre o terreno, nas profundidades determinadas pelo projeto de fundações. O aço utilizado foi do tipo CA 50 A e CA 60 B. Os pilares e as vigas foram moldados *in loco* com dimensões variadas.

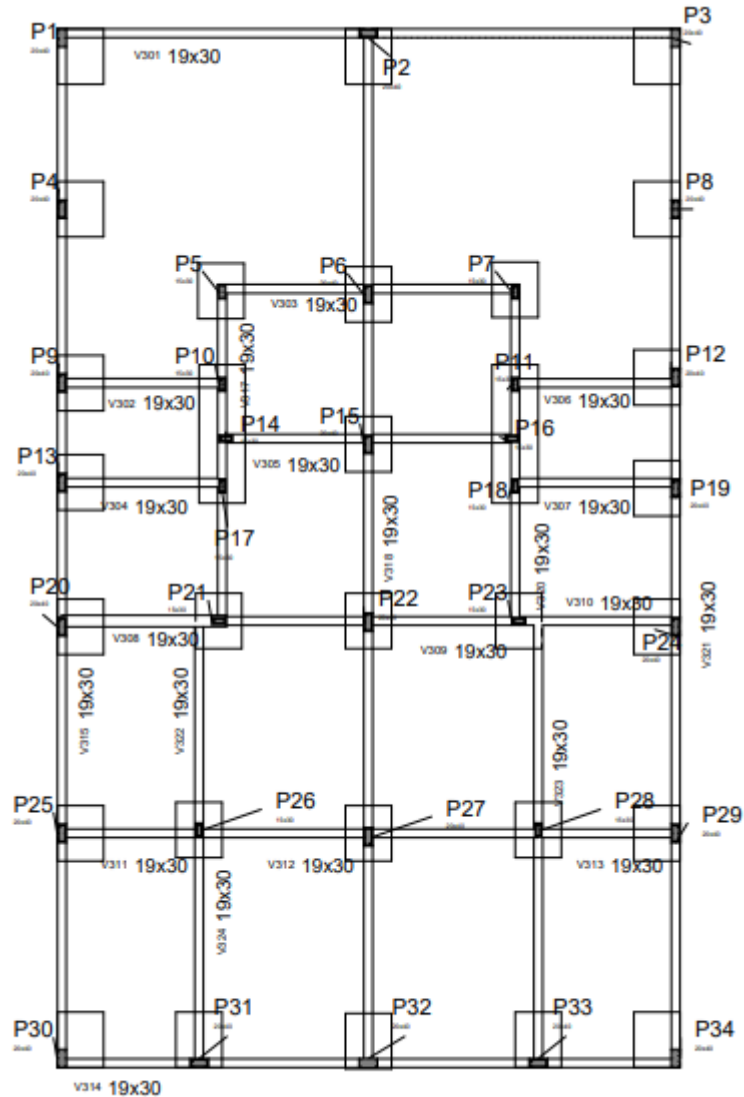
A locação das fundações, como demonstrado na Figura 10 e 11, foi considerado uma sapata retangular com as seguintes dimensões 100x120x45 cm e de 60 x 60 cm. Em casos em que a distância entre duas ou mais sapatas é pequena, foi utilizada uma sapata associada com dimensões de 100x300x45 cm.

**Figura 10: Locação das sapatas retangulares**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

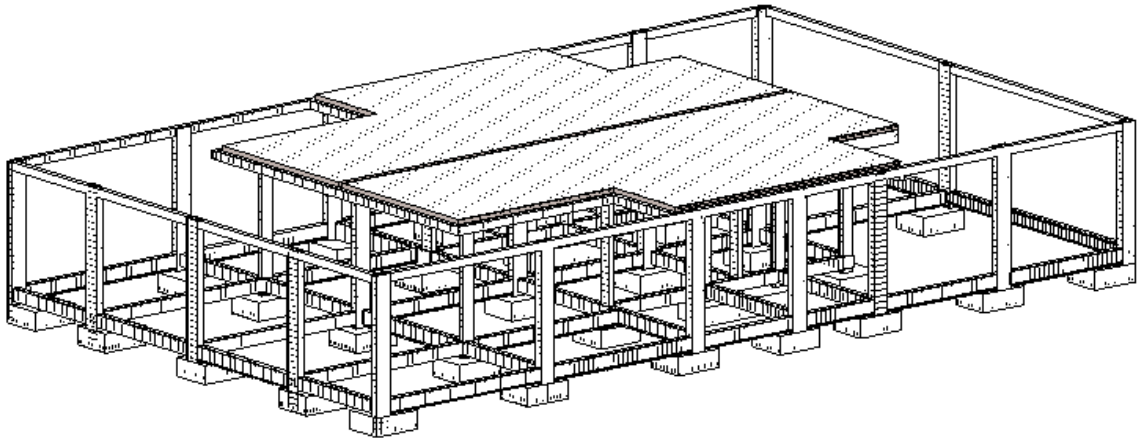
Figura 11: Representação gráfica das sapatas e vigas baldrame



Fonte: Autoria própria (2022).

Os pilares estruturais fornecidos e pré-determinados pelo *template* do software Revit foram editados em sua largura (b) e altura (h). Foram locados pilares de 20x40 cm nos muros laterais e na parede que divide as duas casas e pilares de 15x30 cm em paredes internas (Figura 12).

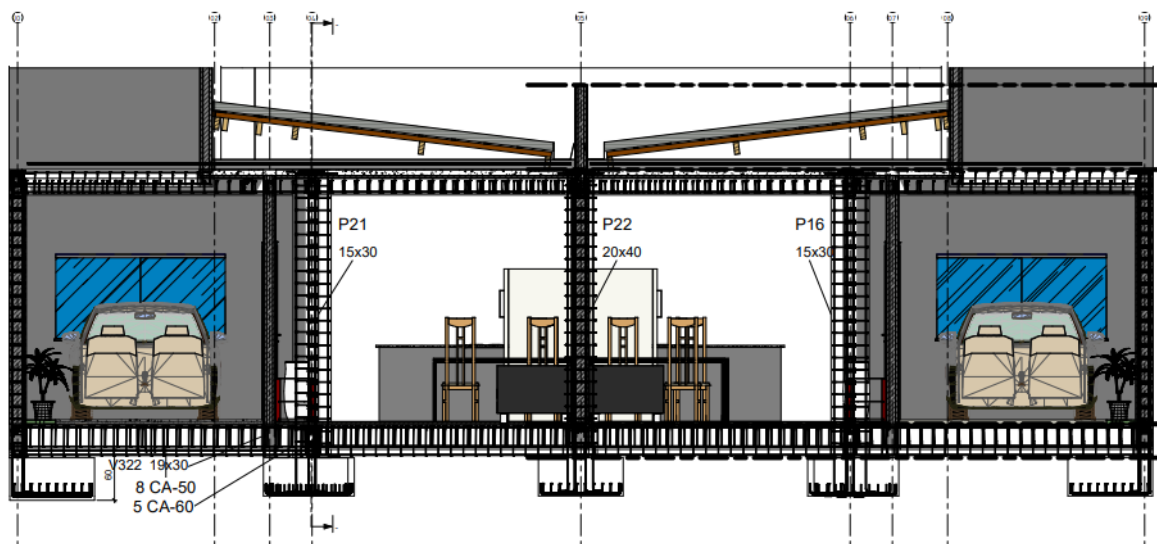
**Figura 12: Representação gráfica das sapatas e vigas baldrame**



Fonte: Revit Structure (2022).

Os pilares foram colocados em cada canto de parede. Em alguns casos em que a distância era muito pequena, foi adotada viga chegando à viga. Como a habitação possui apenas um pavimento, não foi necessário realizar a compatibilização dos pilares com outro pavimento. As colunas e vigas foram representadas dentro do vínculo de projeto arquitetônico (Figura 13).

**Figura 13: Corte longitudinal**



Fonte: Revit Structure (2022).

É importante ressaltar que o *software* Revit faz apenas a representação gráfica dos elementos estruturais, mas não realiza o dimensionamento.

### 4.3 Modelagem e caracterização do Projeto Estrutural no software CAD/TQS®

O mesmo projeto elaborado no Revit Architecture e Revit Structure foi utilizado como referência para gerar o processamento global do edifício utilizando o CAD/TQS®, para posteriormente ser possível apresentar inconformidades encontrados e focar na análise dos erros graves.

Uma vez que o projeto do edifício está estabelecido, o lançamento estrutural poderá ser iniciado. O Modelador Estrutural é um programa específico para a entrada de dados de geometria e cargas dos elementos estruturais dos pavimentos do edifício. O processo de definição do edifício dentro do Modelador Estrutural no CAD/TQS é chamado de: Lançamento Estrutural.

No CAD/TQS®, a habitação foi definida sendo uma edificação de três pavimentos (fundação, térreo e cobertura) como Figura 14, cuja estrutura compõe-se por pilares, vigas e lajes.

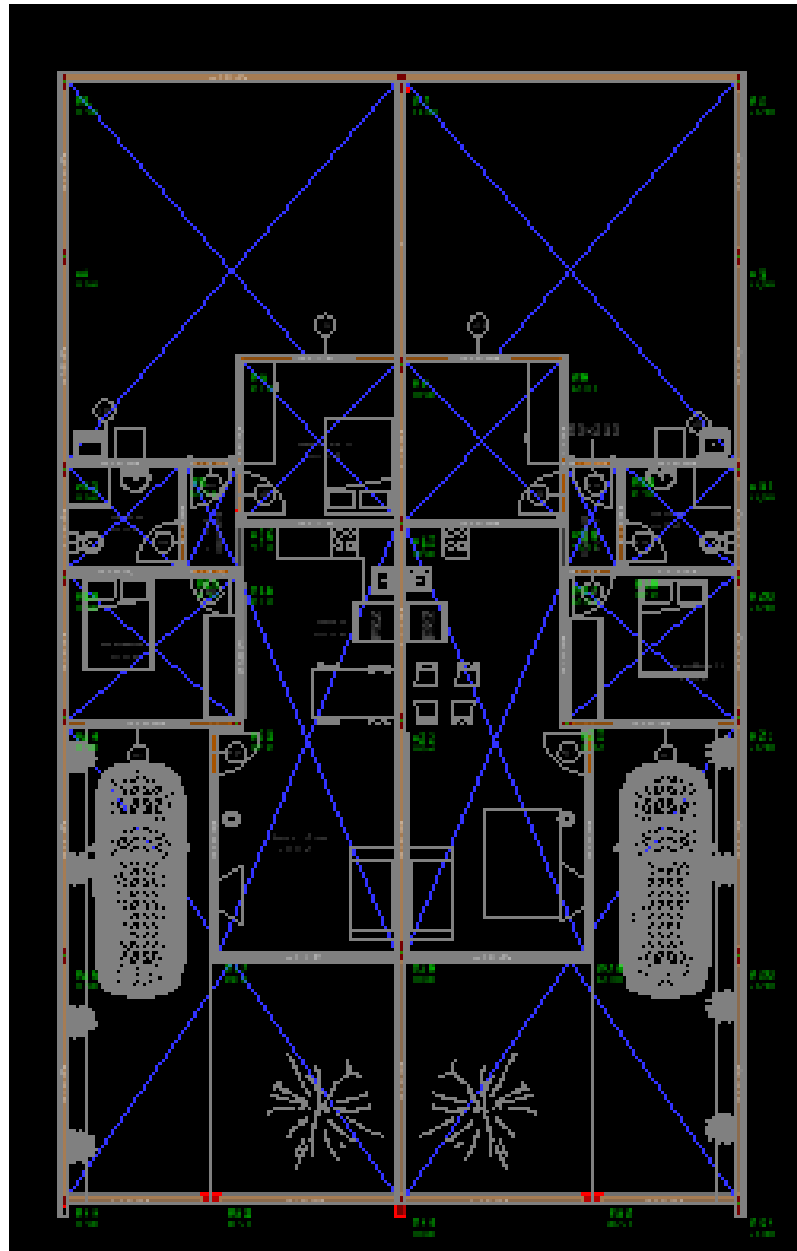
Figura 14: Corte esquemático



Fonte: CAD/TQS® (2022).

Os desenhos de arquitetura dos três pavimentos assim definidos, foram retirados do Revit Architecture para servirem como referência durante a entrada de dados no CAD/TQS®. Como pode ser observado na planta do pavimento térreo, a representação em formato de X na Figura 15 indica que naquele comodo pode ser inserido uma laje.

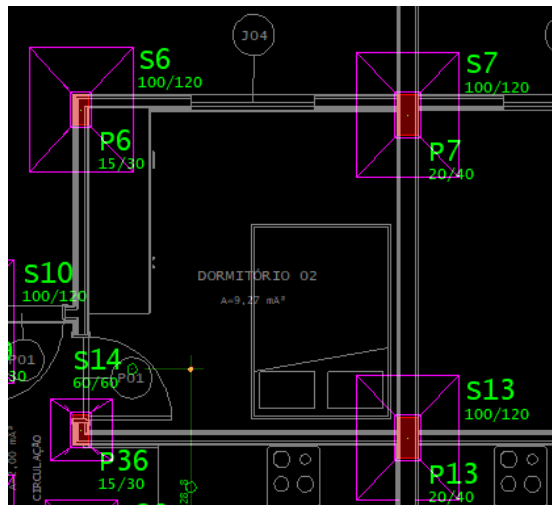
Figura 15 Planta do pavimento térreo



Fonte: CAD/TQS® (2022).

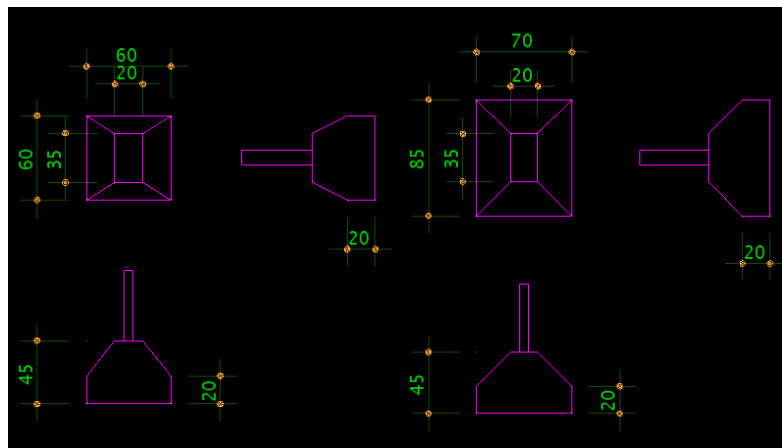
No pavimento definido como Fundação foram definidas as sapatas de fundação apoiadas sobre o solo (Figura 16), que receberam as vigas baldrame e os pilares. As dimensões das sapatas utilizadas foram de: 60x60cm (a), 70x85cm (b) e 100x120cm (c), estão representadas na Figura 17. A visualização em 3D da fundação pode ser observada na Figura 18.

Figura 16: Janela de elementos de fundação

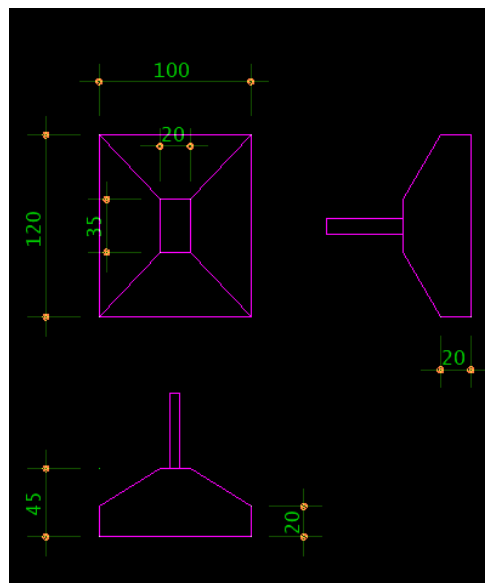


Fonte: CAD/TQS® (2022).

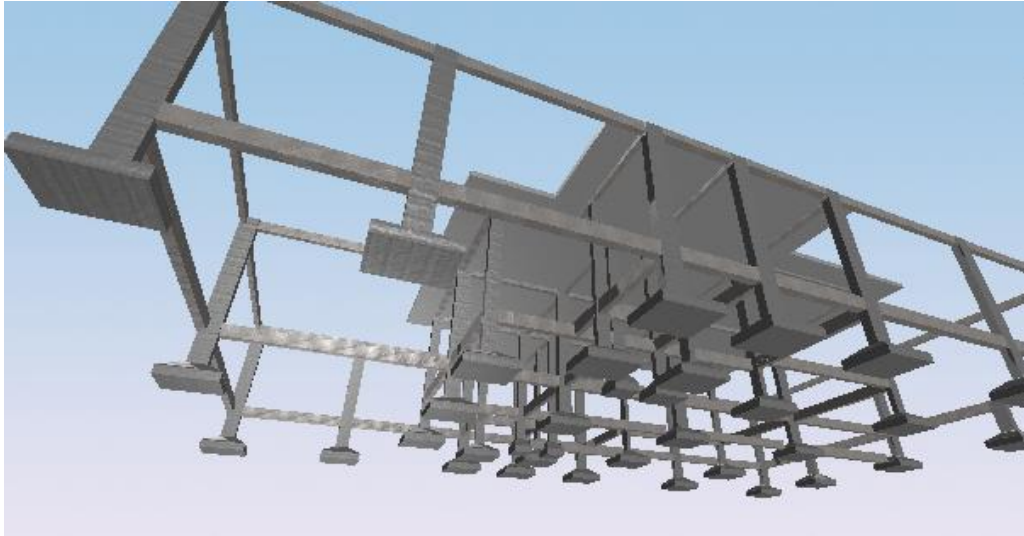
Figura 17: Diferentes dimensões da sapata (a) 60x60 cm, (b) 70x85 cm e (c) 100x120 cm



Fonte: CAD/TQS® (2022).



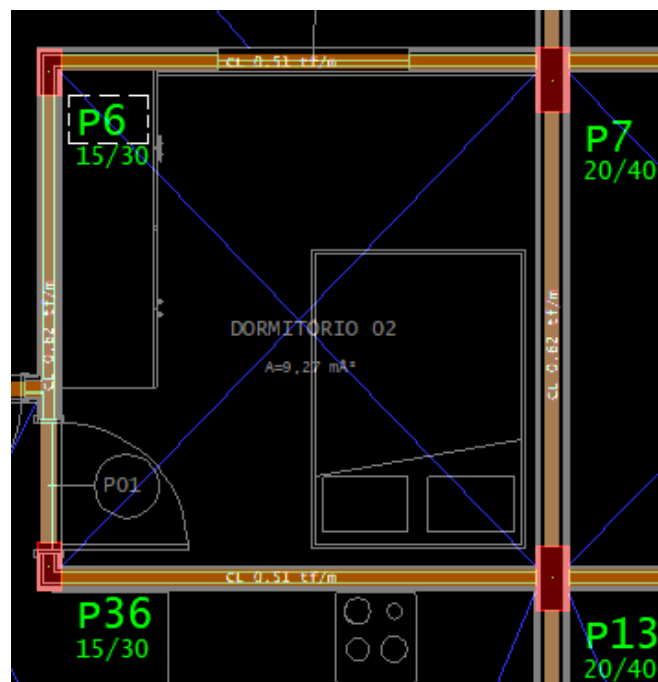
**Figura 18: 3D de fundações**



Fonte: CAD/TQS® (2022).

Na sequência, foi o momento de definição do pavimento denominado Térreo. Foram lançados pilares com formatos retangulares, onde a seção destes deve atender uma área mínima de 360cm<sup>2</sup>. Os pilares utilizados no projeto do CAD/TQS® foram os mesmos adotados no Revit Structure, com as seguintes dimensões e respectivas áreas: 15x30cm, área de 450cm<sup>2</sup> e 20x40cm, área de 800 cm<sup>2</sup>. As Figuras 19 e 20 representam a locação de alguns pilares.

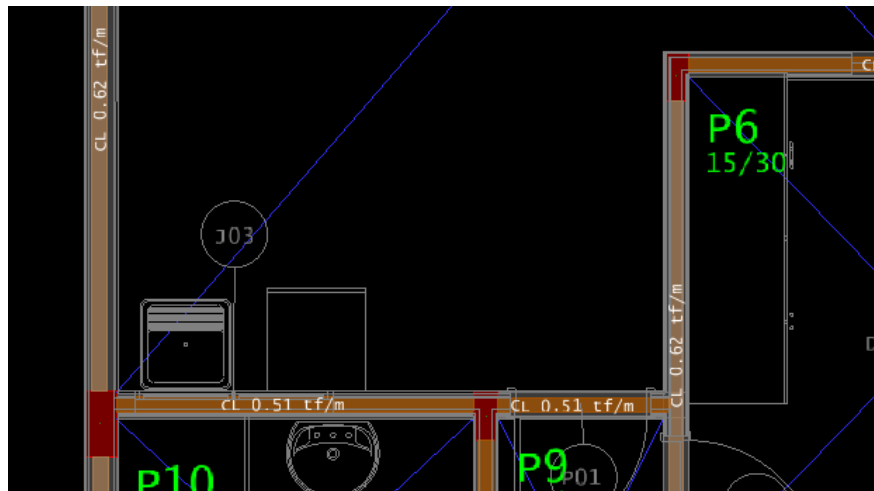
**Figura 19: Representação em planta dos pilares P6,P7,P13, P36**



Fonte: CAD/TQS® (2022).



**Figura 20: Pilares em vermelho**



Fonte: CAD/TQS® (2022).

Após o lançamento dos pilares no pavimento térreo, a próxima etapa foi realizar a inserção das vigas no pavimento. Para os tramos de vigas baldrame externas foram adotadas as seguintes dimensões 19x30cm, e para as vigas internas 15x30cm. Nesta etapa é importante definir os cruzamentos de vigas, indicando ao programa às vigas que ficam apoiadas as outras.

Em continuidade, foi incluída a carga de alvenaria no nível térreo em cima das vigas baldrame, nesta carga não é necessário descontar os vãos de porta e parede. Com base na NBR 6120:2019 (ABNT, 2019) Ações para o cálculo de estruturas de edificações. e na NBR 15270-1:2005 (ABNT, 2005) Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos foi adotado a alvenaria de vedação (Figura 21) com bloco cerâmico vazado com furos na horizontal. Desta forma, foi utilizado um revestimento de dois centímetros em cada face do bloco, a altura do pé direito foi definida em 2,90 metros, esse valor deve ser diminuído da altura da viga (30 cm) ( $2,90 - 0,30 = 2,60\text{m}$ ). Valor que corresponde à altura de alvenaria. A largura adotada da parede foi 14cm.

**Figura 21: Peso de revestimento por face KN/m<sup>2</sup>**

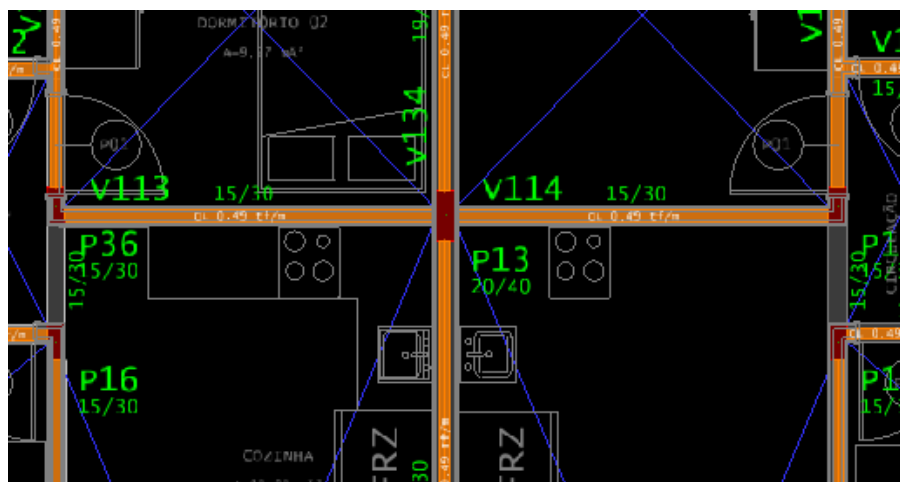
Bloco de cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1)	9	0,7	1,1	1,6
	11,5	0,9	1,3	1,7
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3

Fonte: ABNT (2019).

$$\begin{aligned}
 \text{Parede de 14 cm: } q &= 190 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}; h = 2,60 \text{ metros} \therefore \frac{190 \text{kgf}}{\text{m}^2} \\
 * 2,60 \text{ m} &= \frac{494 \text{kgf}}{\text{m}} = 0,494 \text{ tf/m}
 \end{aligned}$$

A carga de alvenaria é distribuída linearmente sob as vigas, sendo uma carga permanente de acordo com a NBR 6120:2019, que define como sendo “ações que atuam com valores praticamente constantes, ou com pequena variação em torno de sua média, durante a vida da edificação ou que aumentam com o tempo, tendendo a um valor-limite constante” (ABNT, 2019). Na Figura 22 os elementos em laranja correspondem à carga de alvenaria.

**Figura 22: Carga de alvenaria no edifício**

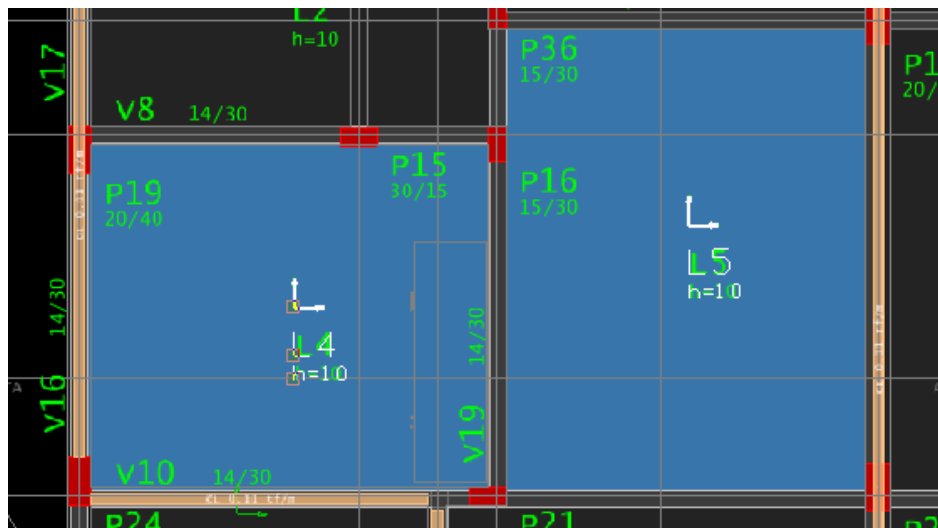


Fonte: CAD/TQS®.

O pavimento cobertura foi o próximo a ser elaborado. Neste nível todas as vigas foram de dimensões de 14x30cm. Após a colocação das vigas fazendo um fechamento dos cômodos, o *software* sinalizou que as lajes poderiam ser adicionadas (Figura 23 e 24), onde optou-se por lajes maciças.

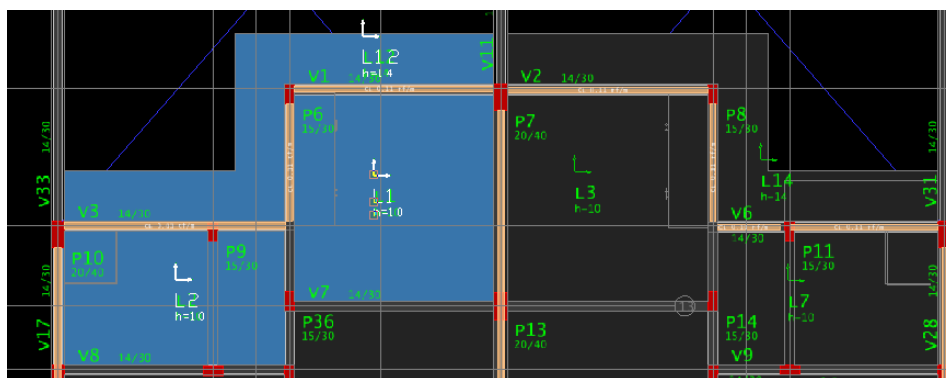
Nesta fase é preciso verificar como ocorre a vinculação da laje com seu apoio, a viga. As lajes (L1, L2, L3, L4, L7, L8, L9, L10) são lajes com apoios em balanço, que devem obedecer a uma dimensão mínima da NBR 6118 (ABNT,2014) (Figura 25).

**Figura 23: Representação das Lajes L4 E L5**



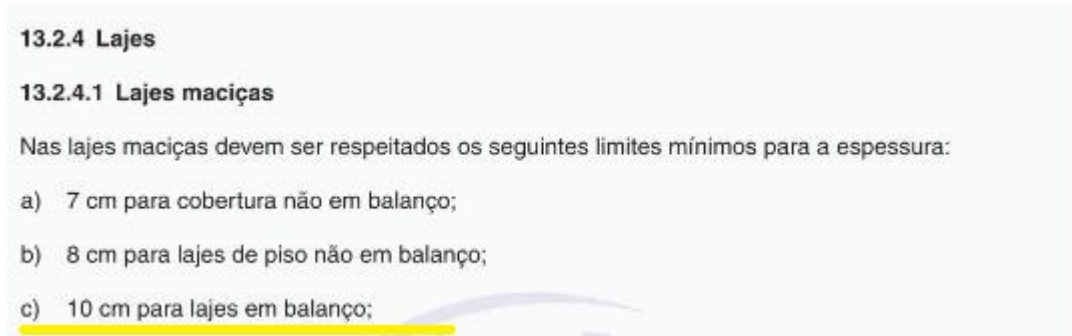
Fonte: CAD/TQS®.

**Figura 24: Representação das Lajes L4 E L5**



Fonte: CAD/TQS®.

**Figura 25: Dimensão mínima para lajes em balanço**



Fonte: ABNT (2019).

As cargas permanentes adotadas foram para telhas de fibrocimento onduladas (Quadro 01) com espessura de cinco milímetro e estrutura de madeira (40kgf/m<sup>2</sup>). As cargas variáveis foram consideradas com 25kgf/m<sup>2</sup>, conforme item 6.4 da NBR 6120:2019 (ABNT, 2019) Cargas variáveis em cobertura (Figura 26).

Composição	Peso na superfície horizontal (kN/m <sup>2</sup> )
Com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até de 5mm) e estrutura de madeira	0,4

**Quadro 1: Peso na superfície horizontal (kN/m<sup>2</sup>)**

Fonte: adaptado de ABNT (2019).

**Figura 26: Cargas permanentes e variáveis na cobertura**

Dados de lajes

Identificação | Seção/Carga | Modelo | Grelha | Temperatura/Retração | Detalhamento | Catalogadas | BIM

Definição de carregamentos

Caso/Carga

0.040/0.025 tf/m2

Numéricas | Alfanuméricas

Carga distribuída por área

Carga principal ou permanente: 0.04 tf/m2

Carga acidental: 0.025 tf/m2

Inserir | Apagar | Caso: 0001- TODAS - Todas permanentes e acidentais dos pavimentos

Entre com o valor total da carga, ou a componente permanente, caso haja separação de cargas acidentais e permanentes definida no edifício.

OK | Cancelar

Fonte: CAD/TQS®.

No nível cobertura também foi considerado uma carga de alvenaria em cima das vigas de 14x30cm, para melhorar a questão arquitetônica da residência. Essa carga de alvenaria foi de:

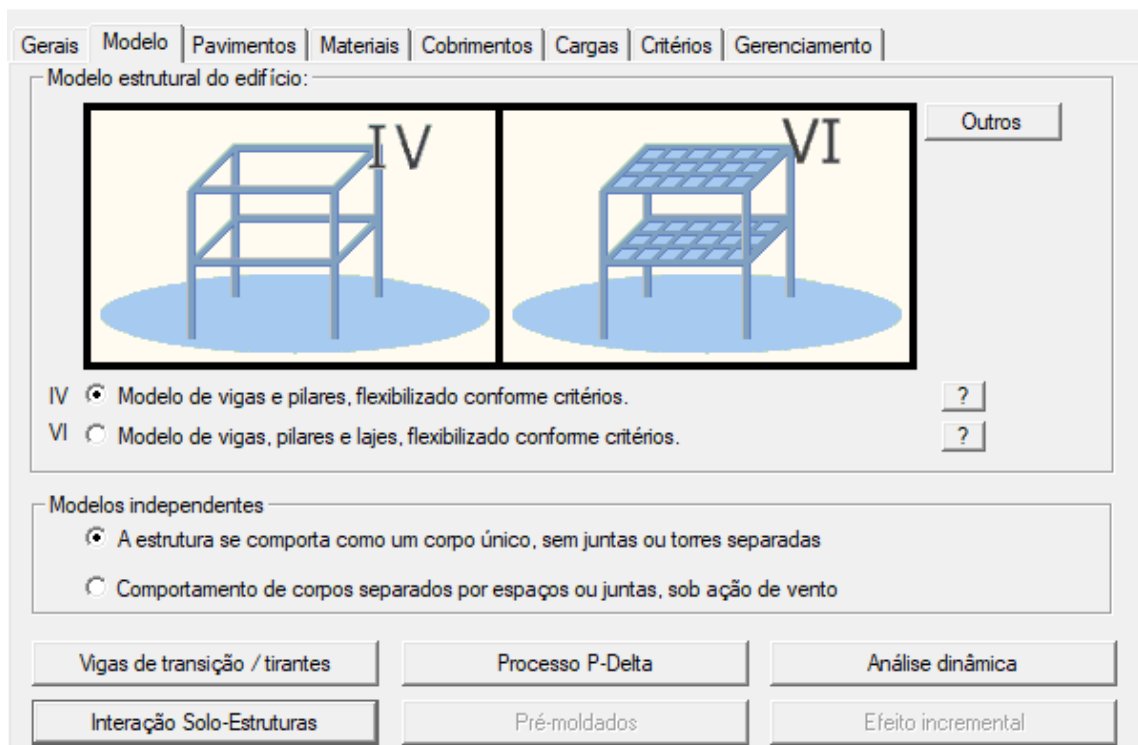
$$\text{Parede de 14 cm: } q = 190 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}; h = 0,60 \text{ metros} \therefore \frac{114\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$* 0,60 \text{ m} = \frac{114\text{kgf}}{\text{m}} = 0,114 \text{ tf/m}$$

Assim, para facilitar o entendimento de como foi criado a habitação social no CAD/TQS® e exemplificar algumas outras definições que foram necessárias serem adotadas, segue uma descrição de alguns comandos/passos seguidos no *software*.

Após solicitar a geração de um novo edifício, o software solicita algumas informações, como: título do edifício, nome do cliente, endereço da obra e número de projeto. Na aba definida como: Modelo, foi indicado a opção: Modelo de vigas e pilares, flexibilizado conforme critérios (Figura 27), assim integrando Solo- Estrutura.

**Figura 27: Inserindo dados do edifício**



Fonte: CAD/TQS® (2022).

Na sequência foi necessário determinar as classes de agressividades e o concreto utilizado no edifício, na guia chamada de: Materiais: Na aba: Cobrimentos, deve-se definir os valores de norma (Figura 28). No ícone: Cargas, ativa-se a opção: Separar cargas permanentes e sobrecargas, e desativa-se a opção: Reduzir sobrecargas. Na guia interna: Vento, foi permanecido os valores padrão para os parâmetros, porém é preciso definir os valores de C.A (Coeficiente de Arrasto).

**Figura 28: Aba "Cobrimentos"**

Seção	Elemento	Valor (cm)
Cobrimentos	Lajes	2.5
	Vigas	3
	Pilares	3
	Peças protendidas	3
Cobrimentos de pré-moldados	Vigas	2.5
	Pilares	2.5
Cobrimento de elementos em contato com o solo	Vigas e lajes	3
	Pilares	4.5

Os cobrimentos acima são os definidos pela norma, em função da classe de agressividade e outros fatores atenuantes

Aceitar cobrimentos      Cancelar

Fonte: CAD/TQS® (2022).

Na guia interna: Adicionais, não foi gerada cargas adicionais (máquinas, empuxo, retração, desaprumo, etc). Na guia: Combinações, devido ao modelo estrutural adotado (IV – Modelo integrado e flexibilizado de pórtico espacial), o CAD/TQS® gerou automaticamente os casos de carregamentos e combinações, para os quais o pórtico espacial seria processado, portanto, não foi necessário qualquer alteração. Utilizando o comando: Listar combinações, o *software*

apresentou uma listagem de dados sobre os casos de carregamentos simples, as combinações e quais os valores de coeficientes utilizados (Figura 29).

**Figura 29: Grupos de combinações**

```

Grupos de combinação [COMBPOR.DAT]
-----
Grupo ELU1      "Verificações de estado limite último - Vigas e lajes"
  PERMACID      "Permanentes, Acidentais"
  ACIDCOMB      "Todas as acidentais combinadas"

Grupo ELU2      "Verificações de estado limite último - Pilares e fundações"
  PERMACID      "Permanentes, Acidentais"
  ACIDCOMB      "Todas as acidentais combinadas"

Grupo FOGO      "Verificações em situação de incêndio"
  PERMVAR       "Todas permanentes e variáveis ponderadas"

Grupo ELS       "Verificações de estado limite de serviço"
  CFREQ         "Combinações frequentes"
  CQPERM        "Combinações quase permanentes"

Grupo COMBFLU   "Cálculo de fluência (método geral)"
  COMBFLU       "Combinação para cálculo da fluência (método geral)"

Grupo LAJEPRO   "Combinações p/ flechas em lajes protendidas"

Combinações geradas
-----

```

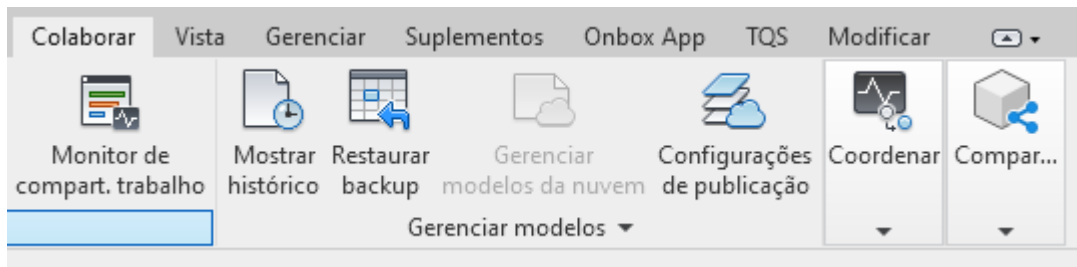
**Fonte: CAD/TQS® (2022).**

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Verificação de Inconformidades e Compatibilização pelo software Revit

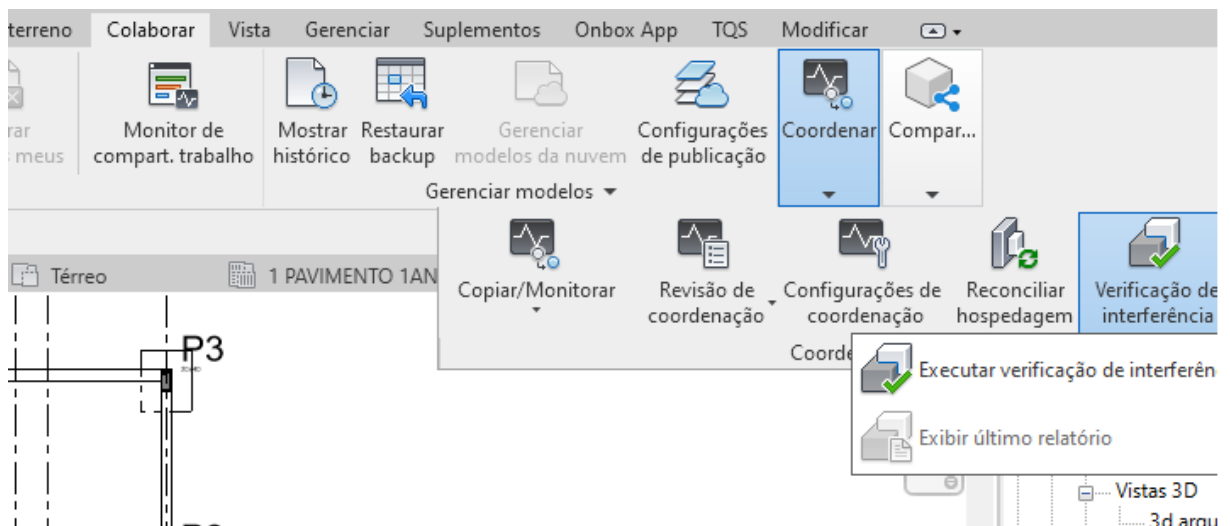
A ferramenta para detecção de interferências do modelo é chamada de verificação de interferência. Sua finalidade é identificar, examinar e gerar relatórios de interferências entre modelos de projetos. Ela é acessada na barra de ferramentas do programa Revit Structure na aba colaborar > coordenar (Figura 30 e 31).

**Figura 30: Ferramenta para detecção de conflitos no projeto**



Fonte: Revit Structure (2022).

**Figura 31: Verificação de interferências**

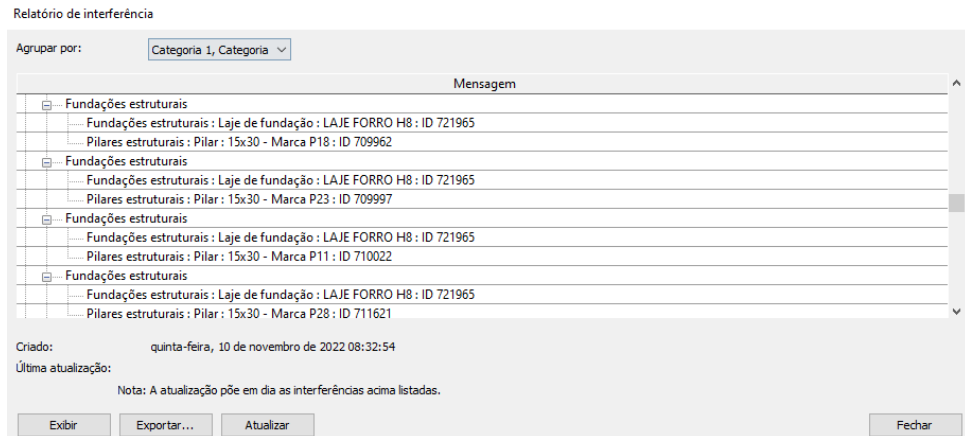


Fonte: Revit Structure (2022).



Essa ferramenta analisa se algum elemento está conflitando com outro, verifica se um elemento está batendo em outro, pois o objetivo é que a representação gráfica do projeto corresponda ao projeto real. Após solicitar a execução de interferência, um relatório (Figura 32), é gerado com o nome do elemento e seu código de barras (ID).

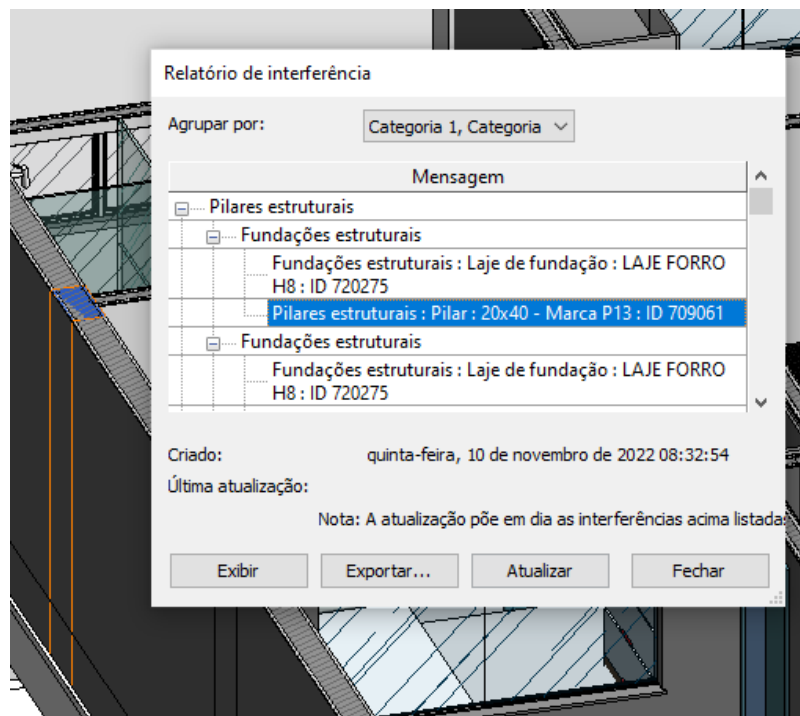
**Figura 32: Relatório de interferências**



Fonte: Revit ferramenta verificação de interferências (2022).

Cada conflito é representado espacialmente na cor laranja (Figura 33).

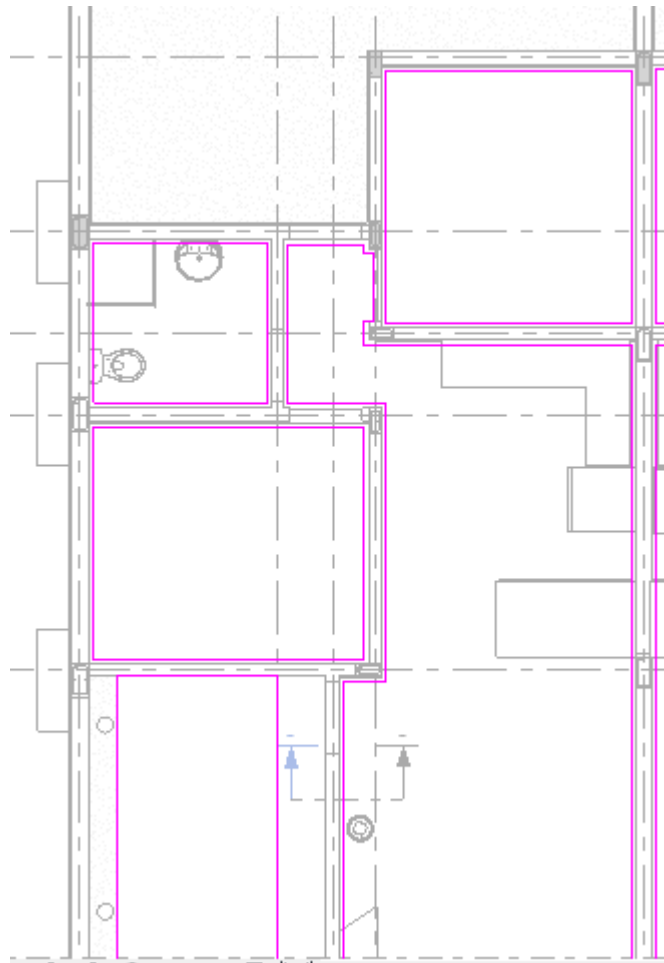
**Figura 33: Representação espacial de conflito em destaque no relatório de interferência**



Fonte: Revit ferramenta Clash detection (2022).

Com base no relatório, a grande maioria das interferências estava entre a Laje Forro  $h=0,12\text{m}$  e os pilares estruturais ou o Contrapiso e os Pilares estruturais. Para resolver o conflito entre os pilares estruturais e o contrapiso foi necessário editar o limite do piso. O elemento foi recuado internamente com uma distância de  $0,05\text{cm}$  (Figura 34).

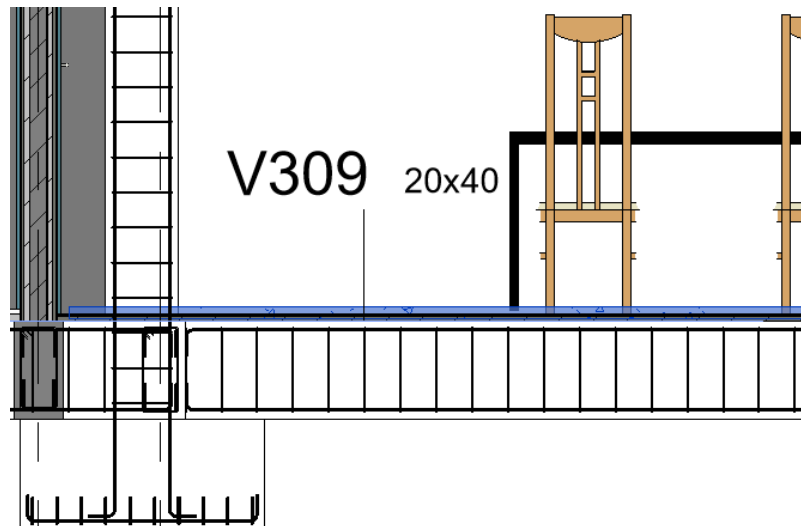
**Figura 34: Edição do limite do Contrapiso**



**Fonte:** Revit Structure (2022).

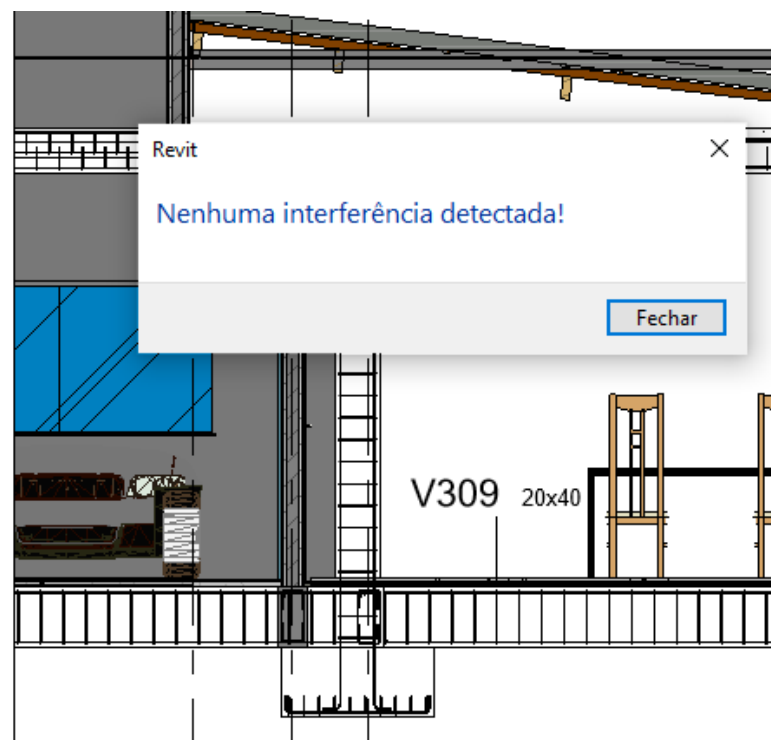
Outra interferência ocorreu entre vigas baldrame e contrapiso. Para a solução deste conflito, o contrapiso teve sua altura de deslocamento alterada para  $0,060\text{m}$  a altura das vigas em relação ao terreno é de  $0,60\text{m}$ . (Figura 35). Após corrigida, o programa informou que nenhuma interferência entre contrapiso e viga baldrame ainda existia (Figura 36).

Figura 35: Corte representando piso não interferindo na viga baldrame



Fonte: Revit Structure (2022).

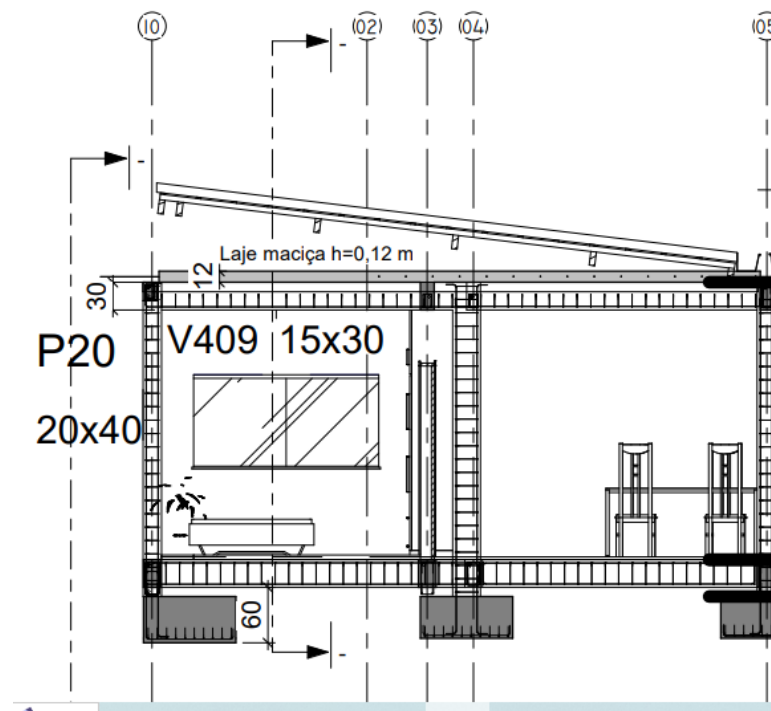
Figura 36: Nenhuma interferência entre piso x viga baldrame



Fonte: Revit Structure (2022).

Com base no relatório gerado, a interferência também ocorreu entre a laje de forro (composta de concreto usinado e espessura  $h=0,12\text{m}$ ) e os pilares estruturais. Para a resolução deste conflito, os pilares foram reduzidos em 15 cm. (Figura 37).

**Figura 37: Corte para verificar a interferência pilar P20 x laje de forro**



Fonte: Revit Structure (2022).

Para verificar alguma inconsistência no lançamento de fôrmas, aciona-se o comando: Consistência de Planta, que acusa os problemas existentes. O programa acusou os avisos possíveis de serem visualizados na Figura 38, que no geral se resumem a seguinte informação: o Pilar 20 tem dimensão 15cm. É menor que a recomendação pela NBR 6118 (ABNT, 2014): Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, à dimensão de 19cm. As ações serão multiplicadas por um coeficiente adicional.

**Figura 38: Verificação da consistência de planta**

AVISO 1:	O pilar P27 tem dimensão 15 cm. É menor que a recomendada pela NBR-6118: 19 cm. As ações serão multiplicadas por um coeficiente adicional
AVISO 2:	O pilar P29 tem dimensão 15 cm. É menor que a recomendada pela NBR-6118: 19 cm. As ações serão multiplicadas por um coeficiente adicional
AVISO 3:	O pilar P23 tem dimensão 15 cm. É menor que a recomendada pela NBR-6118: 19 cm. As ações serão multiplicadas por um coeficiente adicional
AVISO 4:	O pilar P16 tem dimensão 15 cm. É menor que a recomendada pela NBR-6118: 19 cm. As ações serão multiplicadas por um coeficiente adicional
AVISO 5:	O pilar P17 tem dimensão 15 cm. É menor que a recomendada pela NBR-6118: 19 cm. As ações serão multiplicadas por um coeficiente adicional
AVISO 6:	O pilar P8 tem dimensão 15 cm. É menor que a recomendada pela NBR-6118: 19 cm. As ações serão multiplicadas por um coeficiente adicional
AVISO 7:	O pilar P11 tem dimensão 15 cm. É menor que a recomendada pela NBR-6118: 19 cm. As ações serão multiplicadas por um coeficiente adicional
AVISO 8:	O pilar P15 tem dimensão 15 cm. É menor que a recomendada pela NBR-6118: 19 cm. As ações serão multiplicadas por um coeficiente adicional

Fonte: CAD/TQS® (2022).

Neste caso, considerando ser um caso especial, a NBR 6118 (ABNT, 2014) apresenta a seguinte solução para o problema: permite-se a consideração da dimensão entre 19 e 14cm, desde que se multipliquem os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados no dimensionamento por um coeficiente estipulado, mas em nenhum caso se permitirá um pilar com seção transversal de área inferior a 360cm<sup>2</sup> (Figura 39).

**Figura 39: Solução de pilares com casos especiais**

### 13.2.3 Pilares e pilares-parede

A seção transversal de pilares e pilares-parede maciços, qualquer que seja a sua forma, não pode apresentar dimensão menor que 19 cm.

Em casos especiais, permite-se a consideração de dimensões entre 19 cm e 14 cm, desde que se multipliquem os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados no dimensionamento por um coeficiente adicional  $\gamma_n$ , de acordo com o indicado na Tabela 13.1 e na Seção 11. Em qualquer caso, não se permite pilar com seção transversal de área inferior a 360 cm<sup>2</sup>.

**Tabela 13.1 – Valores do coeficiente adicional  $\gamma_n$  para pilares e pilares-parede**

b cm	≥ 19	18	17	16	15	14
$\gamma_n$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

onde

$$\gamma_n = 1,95 - 0,05 b;$$

b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm).

NOTA O coeficiente  $\gamma_n$  deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento.

Fonte: ABNT (2014).

Após finalizar a análise de tipos de inconformidades e suas intercorrências, constatou-se que não havia mais interferências entre elementos estruturais no projeto.

Como a residência possui um porte pequeno e seu esquema estrutural é pouco complexo, as não conformidades e interferências físicas foram verificadas somente com o uso do vínculo do projeto arquitetônico, deste modo o processo de compatibilização das diferentes especialidades foi realizado simultaneamente a criação do projeto estrutural.

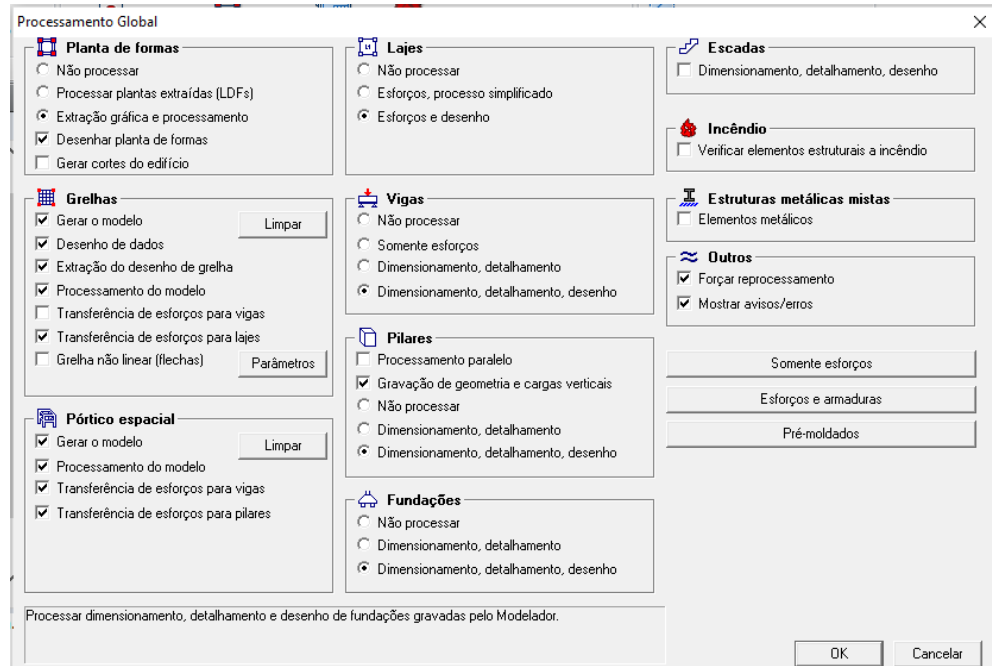
## 5.2 Processamento Global do Edifício com o *software* CAD/TQS®

No *software* CAD/TQS® é possível realizar todo o cálculo estrutural através de um único comando, denominado: Processamento Global. Este comando executa o processamento por dois métodos, que são:

- i. Apenas esforços: somente os modelos do pavimento e do pórtico são processados.
- ii. Completo: com esforços, dimensionamento e detalhamento.

O processamento foi realizado pelo método denominado: Apenas Esforços (Figura 40) que é uma etapa preliminar do projeto, onde são gerados apenas os esforços, parâmetros de instabilidade etc. Esta etapa apresenta um gasto computacional menor. Já o processamento denominado: Completo, permite que todo o edifício seja calculado, com esforços, dimensionamento e detalhamento de elementos estruturais.

**Figura 40: Processamento global, apenas esforços**



Fonte: CAD/TQS® (2022).

Após a execução do comando é gerada uma janela com aviso de erros do edifício, como representa a Figura 41.

**Figura 41: Avisos e erros após o processamento de esforços**

Avisos e erros - Edifício Projeto para tcc

**Quantitativo**

Classificação	Quantidade
Aviso/Leve	86
Aviso/Médio	107
Erro/Grave	1

Para maiores detalhes, entre no visualizador de erros.

**Lista de erros graves**

- Desaprumo global considerável

**Existem erros graves. Para obter maiores detalhes, entre no visualizador de erros.**

[Clique aqui](#) para abrir visualizador de erros

Fonte: CAD/TQS® (2022).

Como pode ser observado ele sinalizou apenas um único erro grave, e os outros de classificação: médio e leve. O erro grave listado foi: Desaprumo global considerável para solucionar este problema é preciso seguir os seguintes passos:

- i. Ir à aba: Pórtico TQS;

- ii. Selecionar a opção: Parâmetros de estabilidade global;
- iii. Com isso o CAD/TQS® vai emitir um relatório que informa os parâmetros de deslocamentos laterais, casos de carregamento, combinações do Estado Limites Últimos, casos de vento e tabelas detalhadas. O ideal é que os valores de  $\gamma_z$  estejam abaixo de 1,3 conforme item 15.7.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014). Na figura 42 é possível observar que este coeficiente teve valores abaixo de 1,3;

Figura 42: Valores de  $\gamma_z$

<b>Parâmetro de estabilidade (<math>\gamma_z</math>) para os carregamentos simples de vento</b>									
Caso	Ang	CTot	M2	CHor	M1	Mig	$\gamma_z$	$\alpha$	Obs
5	90.00	183.68	0.02	2.51	6.16	2.02	1.00	0.199	H
6	270.00	183.68	0.02	2.51	6.16	2.02	1.00	0.199	H
7	0.00	183.68	0.07	4.19	10.27	2.02	1.01	0.204	
8	180.00	183.68	0.07	4.19	10.28	2.02	1.01	0.205	

Fonte: CAD/TQS® (2022).

- iv. No relatório ir até a alternativa: e) ELU – Observações importantes, onde o programa sugere aumentar os valores de coeficiente de arrasto para o edifício (Figura 43);
- v. Para inserir esses valores de coeficiente de arrasto no edifício é necessário ir até seguintes abas: Editar o Edifício, Cargas, Vento, e inserir os novos valores (Figura 44);
- vi. Após isso ir à aba: Adicionais, e sub aba: Desaprumo, e verificar que não tenha algum ângulo (Figura 45).



**Figura 43: Sugestão de coeficiente de arrasto**

**e) ELU - Observações IMPORTANTES**

Este edifício foi calculado com processo P-Δ. Os esforços obtidos já consideram os efeitos de 2ª ordem. Os valores de  $\gamma$ ; nesta listagem servem para referência de quanto aproximadamente os esforços foram majorados em relação a uma análise linear, para consideração de efeitos globais de 2ª ordem. Eles não multiplicarão os esforços devido a cargas horizontais passados para dimensionamento e detalhamento de vigas e pilares.

Observações para os casos com Obs="B":  
O parâmetro  $\alpha$  deste edifício indica que a estrutura é de nós móveis.

Observações para os casos com Obs="H":  
Os esforços adicionais devido ao desaprumo estimado dos elementos verticais são maiores que 30% dos esforços devido a vento. Estimamos na tabela abaixo coeficientes de arrasto dos casos de vento para combinar vento e desaprumo de acordo com a NBR-6118:2014 aplicando o desaprumo Total calculado em função da altura do edifício.

Caso Número do caso de carregamento de vento  
CAtu Coeficiente de arrasto definido nos dados do edifício  
CAsu Coeficiente sugerido p/que o vento simule carregamento de desaprumo  
Título Título do carregamento  
Obs Observações (A/B/C..).

Coeficiente de arrasto sugerido para simular efeito do desaprumo				
Caso	CAtu	CAsu	Título	Obs
5	1.000	1.341	Vento (1) 90°	H
6	1.000	1.341	Vento (2) 270°	H

Para efeito de verificação da capacidade de rotação dos elementos estruturais, este edifício será considerado indeslocável.

Fonte: CAD/TQS® (2022).

**Figura 44: Alteração dos coeficientes de arrasto**

	Ângulo	C.A.	Def Cot	Cot ini
1	90	1.341	Não	0
2	270	1.341	Não	0
3	0	1	Não	0
4	180	1	Não	0

Coeficiente de arrasto nesta direção

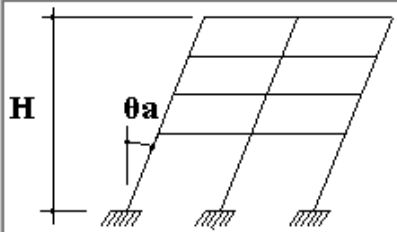
Inserir    Apagar    Calcular CAs

Fonte: CAD/TQS® (2022).

**Figura 45: Ângulo sem nenhum valor**

Verticais | Vento | Adicionais | Adicionais-2 | Combinações

Empuxo | Temperatura | Retração | Desaprumo | Hiperestático | Vibrações | Incêndio | Sismo | Outras



Na análise global das estruturas, deve ser considerado um

Ângulo

Inserir    Apagar

Fonte: CAD/TQS® (2022).

Com todos esses passos realizados, o edifício é processado novamente, para verificar se este erro grave pôde ser resolvido. De acordo com a Figura 46, o erro:

Desaprumo global considerável foi resolvido, porém surgiram quatro novos erros graves.

Figura 46: Segundo processamento e análise de erros graves

## Avisos e erros - Edifício Projeto para tcc

### Quantitativo

Classificação	Quantidade
Aviso/Leve	69
Aviso/Médio	110
Erro/Grave	4

Para maiores detalhes, entre no visualizador de erros.


### Lista de erros graves

- Tensão de compressão máxima maior que a admissível
- Lajes sem dimensionamento - flexão negativa

Fonte: CAD/TQS® (2022).

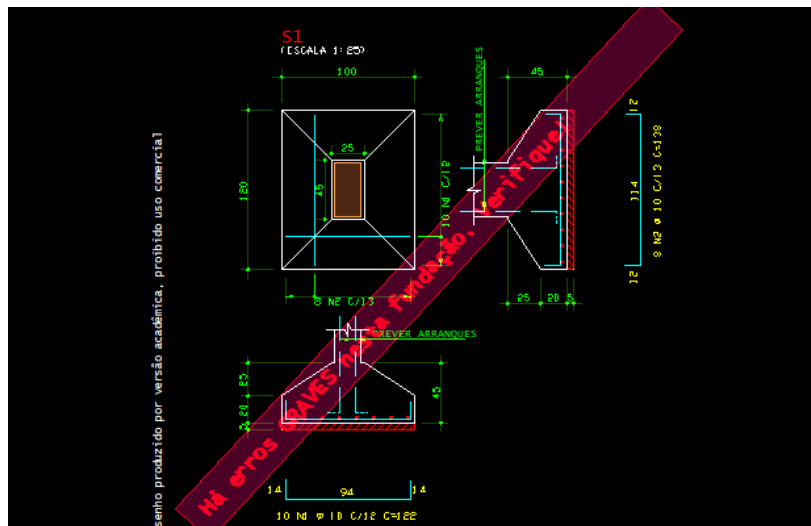
O erro: Tensão de compressão máxima maior que admissível, corresponde às fundações da residência como demonstra as Figuras 47 e 48.

Figura 47: Análise de erros graves na Fundação

 Fundac	*** GRAVE: Tensão de compressão máxima maior que a admissível
	*** GRAVE: Tensão de compressão máxima maior que a admissível
	*** GRAVE: Tensão de compressão máxima maior que a admissível

Fonte: CAD/TQS® (2022).

Figura 48: Tarja em vermelho indicando erros graves na sapata



Fonte: CAD/TQS® (2022).

Para resolução deste erro é necessário seguir os seguintes passos apresentados:

- i. Ir à aba: Fundações – Dados de Sapatas, e desmarcar a opção: Dimensões Fixas (Figura 49).

**Figura 49: Desmarcando opção Dimensões Fixas**

Controle de dados / Dim. Fixas de todas as sapatas

Sapata	Gerais/Geometria	Cargas	Dimensões fixas
S1	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S2	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S3	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S4	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S5	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S6	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S7	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S8	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S9	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S10	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S11	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S12	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S13	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S14	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S15	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S16	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S17	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S18	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
S19	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não
Todas sapatas:	<input checked="" type="checkbox"/> No modelador	<input checked="" type="checkbox"/> No pórtico	<input type="checkbox"/> Não

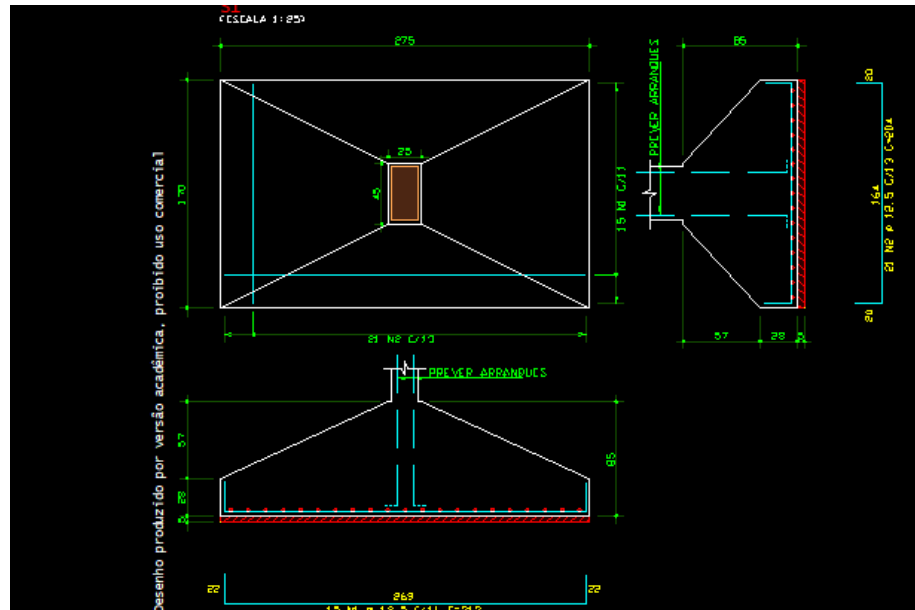
OK Cancelar

Fonte: CAD/TQS® (2022).

Na aba: Sapatas – Realizar o pré-dimensionamento, solicita-se ao *software* para gerar os novos desenhos das sapatas (Figura 50). Após esta solicitação são apresentadas as novas dimensões dos elementos de fundação;

- ii. No Modelador Estrutural ir na aba: Importar do TQS Fundações, para que as novas dimensões sejam carregadas dentro do projeto.

Figura 50: Novas dimensões de um elemento de fundação

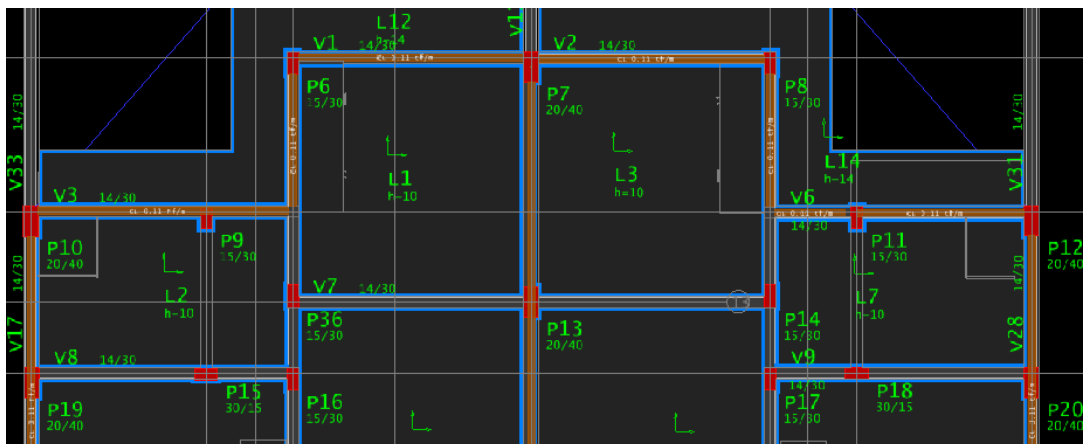


Fonte: CAD/TQS® (2022).

O outro erro apresentado consistia em: Lajes sem dimensionamento– flexão. Para resolvê-lo é necessário seguir os seguintes passos:

- i. No modelador estrutural, na aba: Parâmetros de visualização, no item: Lajes deve-se ativar o subitem: Contorno, para identificar os tipos de apoio das lajes (Figura 51), alterando o apoio das lajes para apoio em balanço;

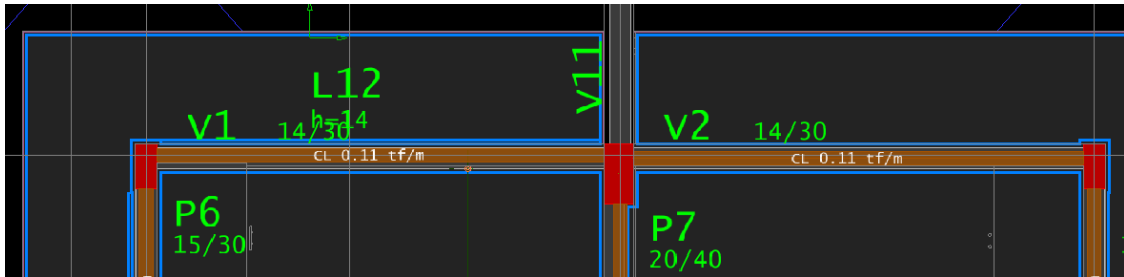
Figura 51: Contorno das bordas das Lajes



Fonte: CAD/TQS® (2022).

- ii. Ainda no modelador estrutural, clicar na aba: Importar do TQS Fundações, para que as novas dimensões sejam carregadas dentro do projeto (Figura 52).

Figura 52: Apoio em balanço (linha dupla contínua)



Fonte: CAD/TQS® (2022).

Assim, a espessura das lajes foi aumentada para verificar se os erros de flexão poderiam ser resolvidos. E também foi adotado o processo simplificado para resolução das lajes, pois no processo simplificado existe um esforço igualmente distribuído por todas as lajes. Com isto, o programa não acusou mais nenhum erro grave para o edifício (Figura 53).

Figura 53: Verificação de erros graves



## Avisos e erros - Edifício Projeto para tcc

### Quantitativo

Classificação	Quantidade
Aviso/Leve	57
Aviso/Médio	104
Erro/Grave	0

Para maiores detalhes, entre no visualizador de erros.

### Lista de erros graves

Não existem erros graves.

[Clique aqui](#) para abrir visualizador de erros

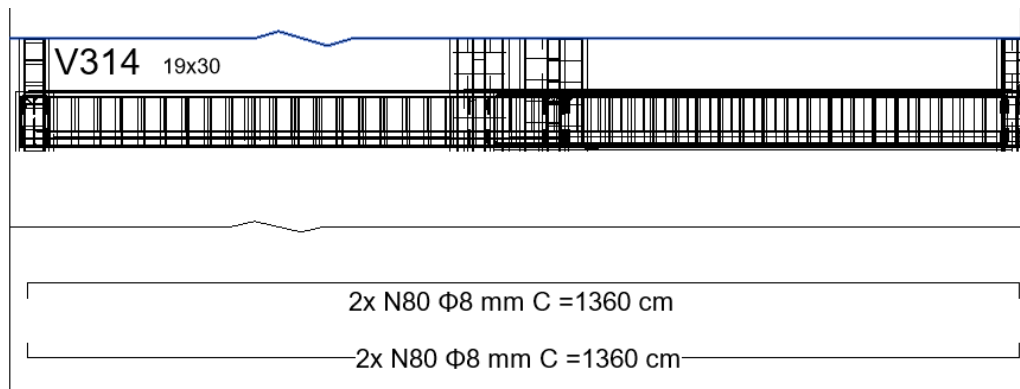
Fonte: CAD/TQS® (2022).

### 5.3 Comparação dos resultados Revit x CAD/TQS® de dois elementos estruturais

#### 5.3.1 Viga Baldrame

A quantidade de armadura indicada pelo programa Revit pode ser visualizada na Figura 54. Dimensões: 19x30cm.

Figura 54: Armadura longitudinal na viga baldrame



Fonte: Revit Structure (2022).

Esse detalhamento foi realizado de forma manual, pois o programa não gera o detalhamento e nem o dimensionamento dos elementos estruturais. De acordo com a NBR 6118:2014 os espaçamentos verticais e horizontais devem seguir a seguintes relações (ABNT, 2014):

$$ah \geq \begin{cases} 20 \text{ mm} \\ \emptyset t \text{ ou } \emptyset n \\ 1,2 d_{m\acute{a}x} \end{cases} \quad av \geq \begin{cases} 20 \text{ mm} \\ \emptyset t \text{ ou } \emptyset n \\ 1,2 d_{m\acute{a}x} \end{cases}$$

Onde:  $d_{m\acute{a}x}$  corresponde ao diâmetro nominal máximo do agregado e  $\emptyset t$  o diâmetro da armadura ( $\emptyset n$  é o diâmetro de um feixe de armaduras).

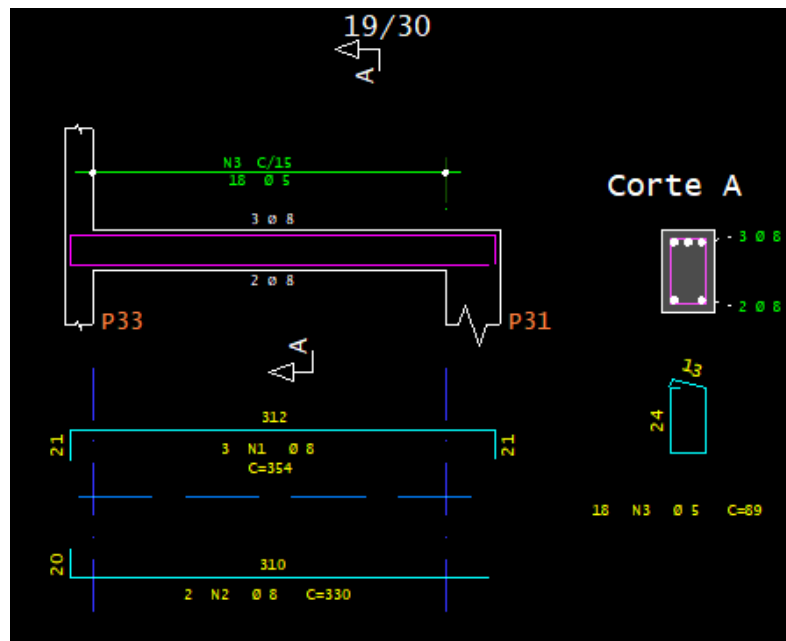
Entretanto, no *software* Revit a colocação das armaduras nas vigas é feita utilizando o espaçamento máximo do elemento, e o espaçamento adotado foi de 200mm, e a orientação “paralela ao recobrimento”, pois quando alterado para 20 mm

o programa calculava 17 barras. Os estribos foram inseridos com uma distância de 150mm (gerando uma quantidade de 19 estribos de  $\varnothing$  de 5 mm, aço CA – 60).

No programa Revit a armadura é adotada pelo usuário e não é gerada pelo programa.

Na Figura 55 é apresentada a resolução do programa CAD/TQS®, que apresenta o corte A e a representação de todo o elemento estrutural.

Figura 55: Detalhamento e dimensionamento da viga baldrame



Fonte: CAD/TQS® (2022).

Comparando a apresentação do programa Revit Structure com CAD/TQS®, o primeiro apenas representa graficamente os elementos, e, quem deve fazer o detalhamento e dimensionamento é o usuário, que pode realizar os cálculos estruturais por meio de outros programas ou de forma manual. Já no CAD/TQS® os elementos são inseridos pelo usuário e o programa gera todo o detalhamento e dimensionamento, resta ao usuário conferir esses resultados e apenas melhorar a edição de armaduras, tornando-a mais exequível.

Os dois programas geram as quantidades de armadura longitudinal diferentes. Vale a pena comentar, que é importante realizar o dimensionamento dos elementos utilizando fórmulas adimensionais desenvolvidas e apresentadas na

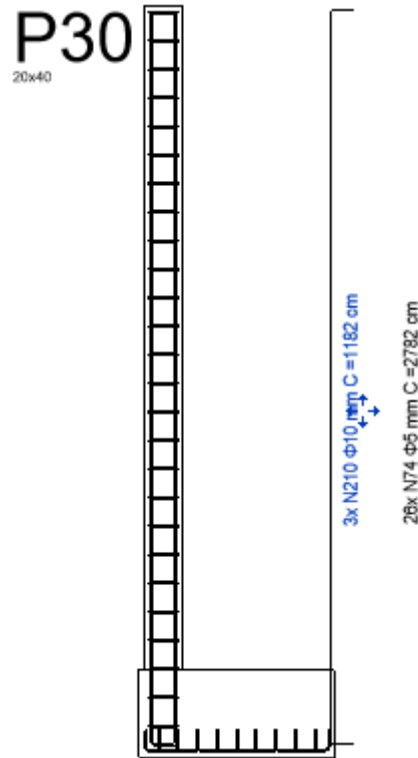
apostila de BASTOS (2015), para a análise do resultado do programa, o que não foi constatado.

### **5.3.2 Representação de Pilares**

A quantidade de armadura (longitudinal e transversal) utilizada no Pilar P30 por exemplo, no *software* Revit, pode ser observada nas figuras 56 e 57. Dimensões: 20x40cm.

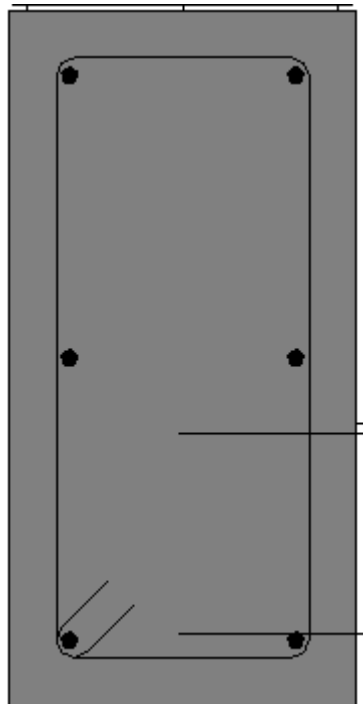


Figura 56: Quantidade de armadura longitudinal e transversal



Fonte: Revit Structure (2022).

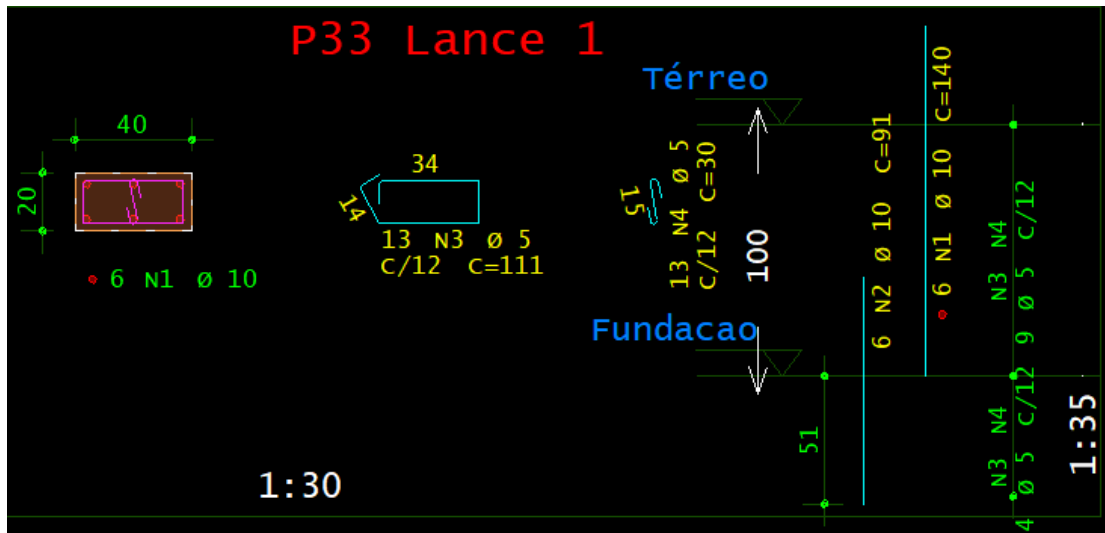
Figura 57: Corte A do Pilar P30



Fonte: Revit Structure (2022).

Já a representação do Pilar 33 no programa CAD/TQS® é bem mais detalhada, com informações importantes como: o comprimento do gancho, o desenho da distribuição das armaduras e também indica as regiões de transpasse para o uso de quem irá executar o projeto em obra (Figura 58).

Figura 58: Detalhamento e dimensionamento do Pilar



Fonte: CAD/TQS® (2022).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo de caso pôde-se observar que as diferentes complexidades de produtos na construção civil, causada pela evolução de tecnologias e a segmentação de algumas etapas da concepção de projetos, prejudicou a comunicação e a integração das equipes.

O trabalho focou na modelagem e caracterização dos projetos: arquitetônico e estrutural, não realizando a verificação das outras disciplinas como: elétrica, hidráulica. Por sua vez, as análises das incompatibilidades entre os projetos realizados evidenciaram que a falta de interação entre projetos trás ao processo construtivo perdas significativas no seu desempenho. Estas incompatibilidades poderiam ser menores, ou quase inexistentes, se o processo de produção fosse elaborado com ferramentas de engenharia simultânea, como o BIM.

A compatibilização através da sobreposição dos desenhos 2D é uma forma limitada de verificação de não conformidade entre as disciplinas. Mesmo sendo eficaz na identificação de diversas interferências na fase de projeto, é essencial a evolução para uma maneira mais sistêmica. Com o amparo de ferramentas sistêmicas, e com o auxílio de ferramentas 3D seria possível uma visão mais hermética de todos os sistemas da edificação, diminuindo problemas durante a execução do projeto.

A prática utilizada no estudo se deu através do vínculo do projeto arquitetônico para a concepção estrutural, onde de uma maneira visual, puderam ser detectados elementos gráficos que interferiam, na colocação de elementos estruturais. Com isso, a compatibilização de projetos apresenta-se como necessária para qualquer empreendimento, seja qual for o método que será utilizado, contanto que sejam suficientes para antecipar todas as interferências das diversas especialidades e evitar erros de retrabalho e desperdícios no canteiro de obras.

As discrepâncias entres os projetos arquitetônico e estrutural no *software* Revit são: vigas baldrame conflitando com os pilares, os pisos estruturais interferindo nos pilares e a laje de forro sobrepondo as vigas de respaldo. Em relação ao *software* CAD/TQS na verificação de consistência de plantas o programa indicou dimensões mínimas para pilares estruturais prescritas pela NBR 6118 (ABNT,2014) Estruturas em Concreto Armado – procedimento.

Por se tratar de uma tecnologia ainda em inserção no mercado, é importante sugerir o desenvolvimento de senso organizacional e adoção de metodologias de trabalho como a tecnologia BIM, para que os profissionais consigam se adaptar ao trabalho em equipes multidisciplinares da melhor maneira possível, usufruindo de suas vantagens.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos. Parte: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, 2005. 11p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014a. 238p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.** Rio de Janeiro, 2019. 5p.

ADESSE, Eliane; MELHADO, Silvio Burrattino. **Coordenação de Projetos Externa em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, São Carlos, 2003.

AIA – American Institute of Architects. **BIM for Engineering.** 2007. Disponível em: <https://www.aiainternational.org/online-lectures-calendar/2022/10/14/aia-hong-kong-introduction-to-archicad-bim-for-architects>. Acesso em: maio, 2022.

AKPONEWARE, A. O.; ADAMU, Z. A. Clash Detection or Clash Avoidance? An Investigation into Coordination Problems in 3D BIM. Buildings, v. 7, p. 75, 2017.

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

BALDWIN, A. N.; AUSTIN, S. A.; HASSAN, T.M. **Modeling information flow during the conceptual and schematic stages of building design.** Construction Management and Economics. 1999.

BASTOS, P.S.S. **Dimensionamento de vigas de concreto armado à força cortante.** Disciplina 2123 – Estruturas de Concreto II. Bauru/SP, Departamento Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia - Universidade Estadual Paulista (UNESP), abr/2015, 74p. ([http://www.feb.unesp.br/pbastos/pag\\_concreto2.htm](http://www.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto2.htm)).

BIBLUS. **As dimensões do BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D, 9D, 10D.** Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>. Acesso em: novembro, 2022.

BORTOLOTTI, MARIANA C. **Compatibilização de projetos de uma habitação: Verificação de incompatibilidades no sistema de projeção 2d e na modelagem 3d.** Universidade Federal de Santa Catarina - Trabalho de conclusão de curso, Florianópolis, 2014.

BRITO, C. R.; TAKII, T. **Modelagem de projetos elétricos usando a tecnologia BIM.** 2015. TCC (Curso de Engenharia Industrial Elétrica) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

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

CAMPESTRINI, Tiago Francisco. **Entendendo BIM** – Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação. 1. ed. Cuiabá: Fabrício Nogueira Costa, 2015.

DUARTE, Técia Maria Pereira; SALGADO, Mônica Santos. **O Projeto Executivo de Arquitetura como Ferramenta para o Controle da Qualidade na Obra**. Rio de Janeiro, 2002.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho *et al.* Porto Alegre: Bookman, 2014.

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, Márcio Minto; BAÍA, Josaphat Lopes; MELHADO, Silvio Burratino. **Estudo da sequência de etapas do projeto na construção de edifícios: cenário e perspectivas**. In: *Anais do Encontro Nacional De Engenharia De Produção*, 1998. Niterói, 1998.

FABRÍCIO, Márcio Minto. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

FREITAS, Gonçalo Andrade Freitas. **Metodologia BIM – uma nova abordagem, uma nova esperança**. **Dissertação** de Mestrado, Universidade da Madeira, 2014.

FRUET, G. M.; FORMOSO, C. T. **Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte**. In: *SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL – gestão tecnológica*, 1993, Porto Alegre. *Anais*. Porto Alegre, 1993.

GARIBALDI, B. C. B. **Do 3D ao 7D**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>. Acesso em: novembro, 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002, p. 76.

GUS, M. **Método para a concepção de sistemas de gerenciamento da etapa de projetos da construção civil: um estudo de caso**. 1996. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Mobilidade) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

Isatto et al. **Coordenação de projetos de edificações**. 1ª ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.

JIANG, X. (2011). Developments in Cost Estimating and Scheduling in BIM technology. Master's degree thesis, Northeastern University, Department of Civil and Environmental Engineering, Boston, Massachusetts

LORENZI, L. S.; LORENZI, A.; SILVA FILHO, L.C. P. **A compatibilização de projetos como estratégia para minimização de erros de construção: um estudo de caso.** 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/279943853\\_A\\_compatibilizacao\\_de\\_projeto\\_s\\_como\\_estrategia\\_para\\_minimizacao\\_de\\_erros\\_de\\_construcao\\_um\\_estudo\\_de\\_caso](https://www.researchgate.net/publication/279943853_A_compatibilizacao_de_projeto_s_como_estrategia_para_minimizacao_de_erros_de_construcao_um_estudo_de_caso). Acesso em: maio, 2022.

MELHADO, Silvio Burratino; GRILLO, Leonardo; FABRÍCIO, Márcio. Coordenação e coordenadores de projetos. **Escola Politécnica da USP**. São Paulo, 2005.

MESQUITA, H. C.; EDUARDO, R. C.; RODRIGUES, K. C.; PAULA, H. M. Estudo de caso da análise de interferências entre as disciplinas de um edifício com projetos convencionais (re) modelados em BIM. Revista Matéria, v. 23, 2018.

MOTTEU & CNUUDE, La gestion De La Qualité Durant La Construction: Action Nene en Belgique Par Le Comité. "**Qualité Dans La Constructon**". In: Cib Triennial Congress,11, Paris, 1989. Quality for Building Users Throughout the world, s.l. cib, 1989. v.1, t3, p265 – 276

REGO, Rejane de Moraes. **As Naturezas Cognitiva e Criativa da Projeção em Arquitetura: Reflexões Sobre o Papel Mediador das Tecnologias.** Rev. Esc. Minas vol.54 n.1 Ouro Preto Jan./Mar. 2001

REZENDE, Paulo Emílio de. **Integração projeto-produção no processo de desenvolvimento de projeto: Uma alternativa para a melhoria da Qualidade no setor de construção civil no setor de OAE.** 2008. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

RODRÍGUEZ, Marco Antonio Arancibia. **Coordenação Técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações.** Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

SCHEER; SERGIO, MIKALDO JR, JORGE. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual a melhor solução?** Revista Gestão e Tecnologia de Projetos, 2008, vol. 3, nº 1, p. 80, maio.

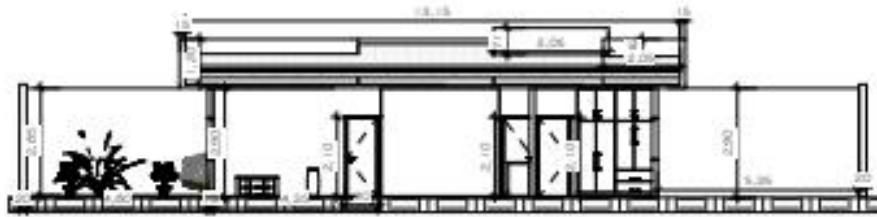
SOUZA, Roberto de. **A Questão é: Podemos ter Qualidade no Canteiro de Obras?** Téchne. São Paulo, 1995.

VOBI. **Plataforma BIM: a maior tendência do mercado da construção civil.** Disponível em: <https://www.vobi.com.br/recursos/plataforma-bim-para-arquitetos>. Acesso em: novembro, 2022.

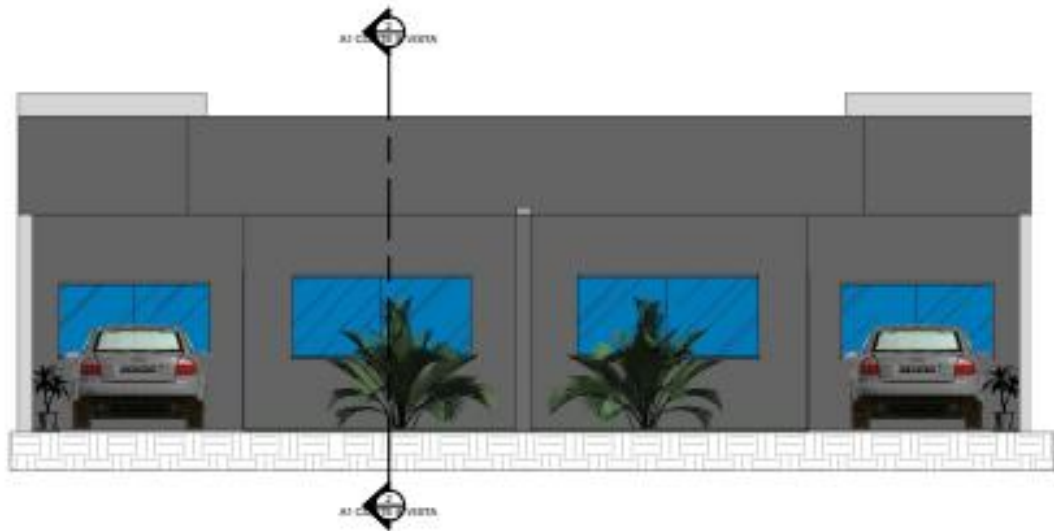
YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 5. ed. Porto Alegre - RS: Bookman, 2001.



## APÊNDICES

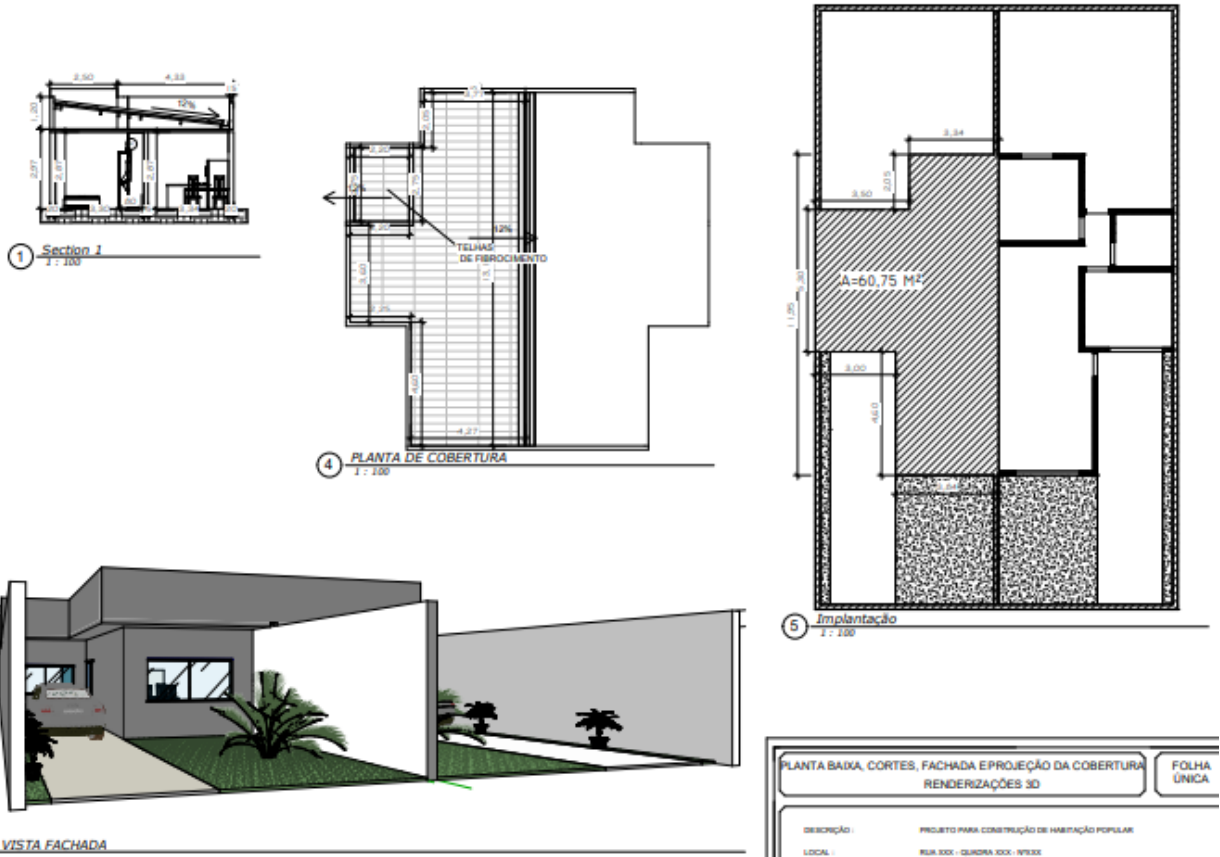
APÊNDICE 1 – Corte AA e Fachada Sul do Projeto Arquitetônico da Habitação Social gerado no *software* Revit Architecture

② **CORTE AA**  
1 : 100

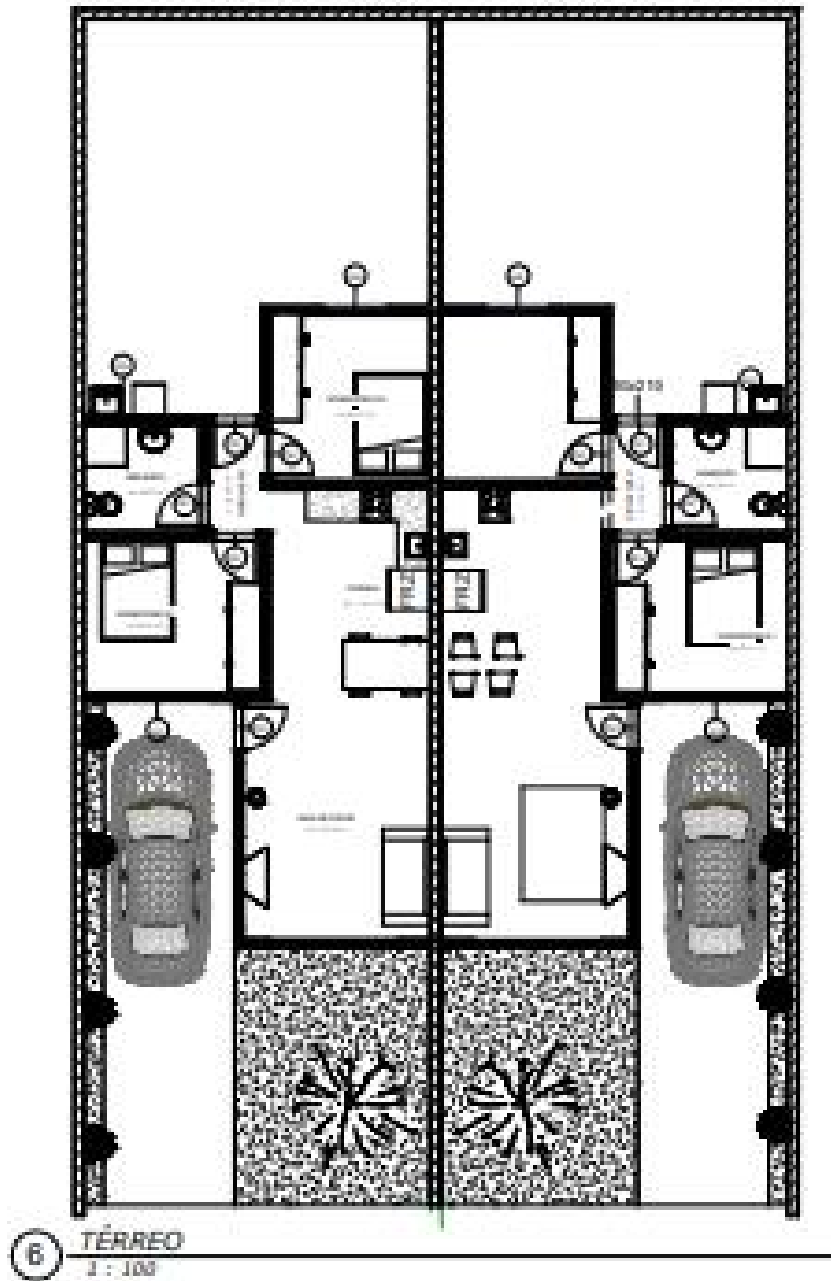


③ **FACHADA SUL**  
1 : 50

**APÊNDICE 2 – Planta de cobertura, implantação e perspectiva do Projeto Arquitetônico da Habitação Social gerado no *software* Revit Architecture.**



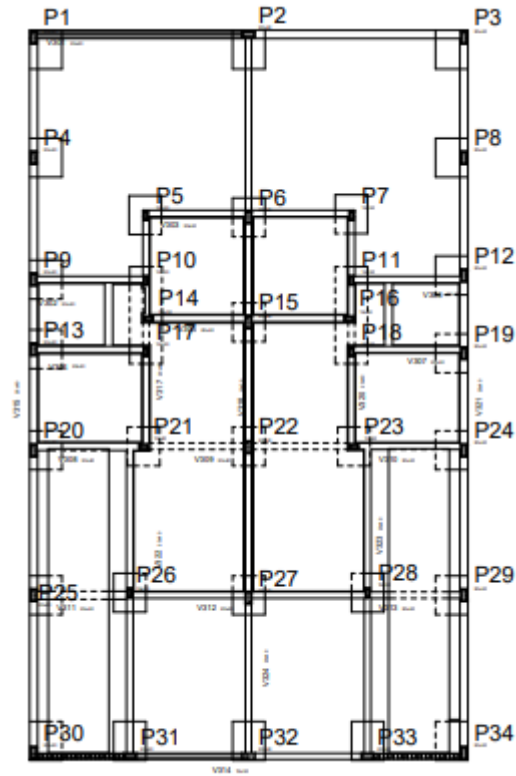
**APÊNDICE 3 – Planta-baixa térreo do Projeto Arquitetônico da Habitação Social gerado no software Revit Architecture.**



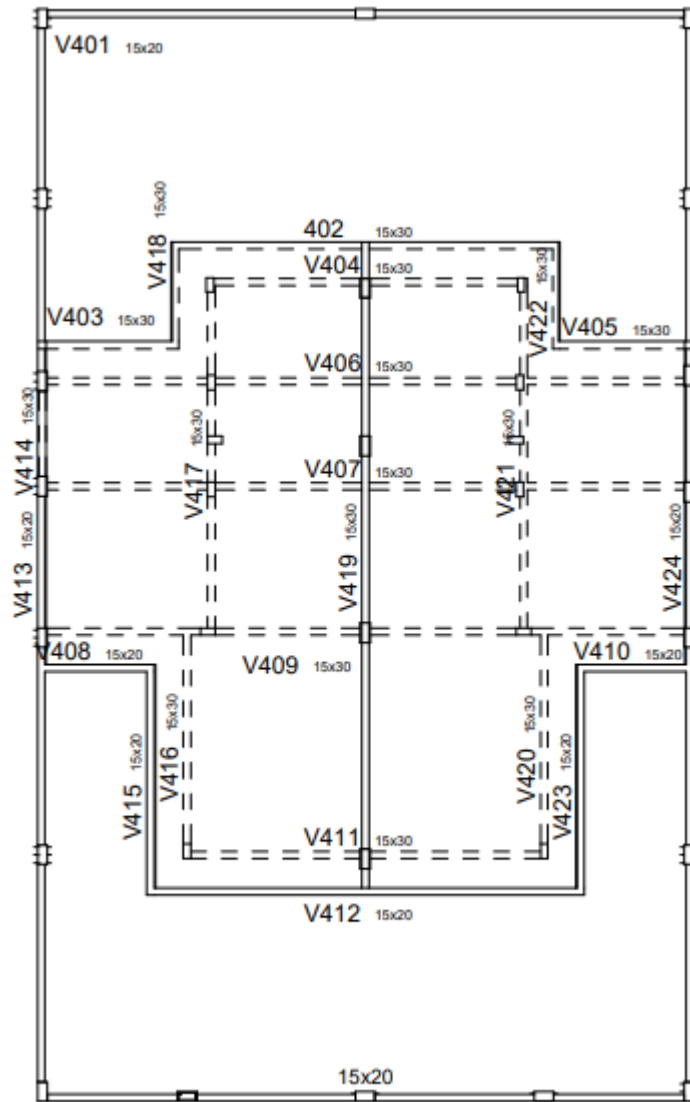
**APÊNDICE 4 – Renderização e vista explodida do Projeto Arquitetônico da Habitação Social gerado no software Revit Architecture.**



**APÊNDICE 5 – Planta do Térreo com elementos de fundação: vigas baldrame e sapatas do Projeto Estrutural da Habitação Social gerado no *software* Revit Structure.**

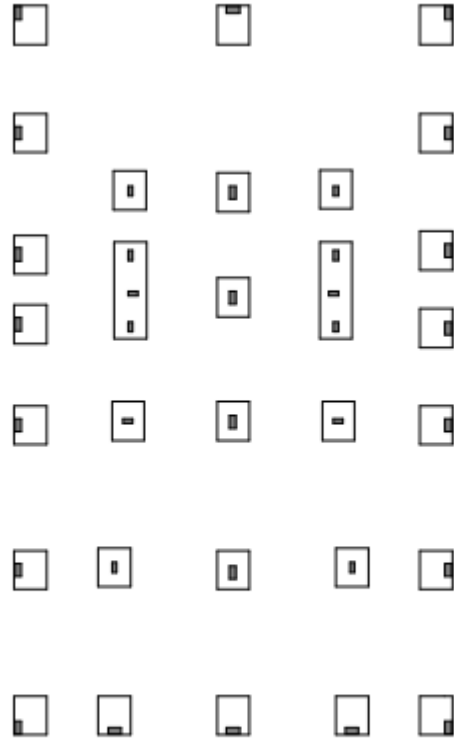


**APÊNDICE 6 - Planta com elementos da estrutura de cobertura do Projeto Estrutural da Habitação Social gerado no *software* Revit Structure.**



Fonte: Autoria própria ( Revit Structure)

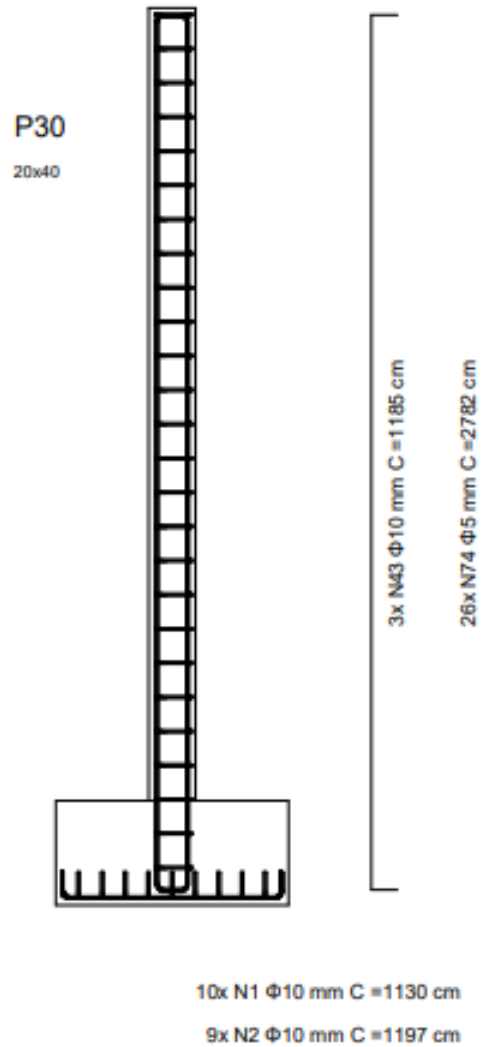
**APÊNDICE 7 – Locação de sapatas do Projeto Estrutural da Habitação Social gerado no *software* Revit Structure.**



Locação de Sapatas

1:100

**APÊNDICE 8 – Detalhamento do Pilar P30 (20x40cm) do Projeto Estrutural da Habitação Social gerado no *software* Revit Structure.**

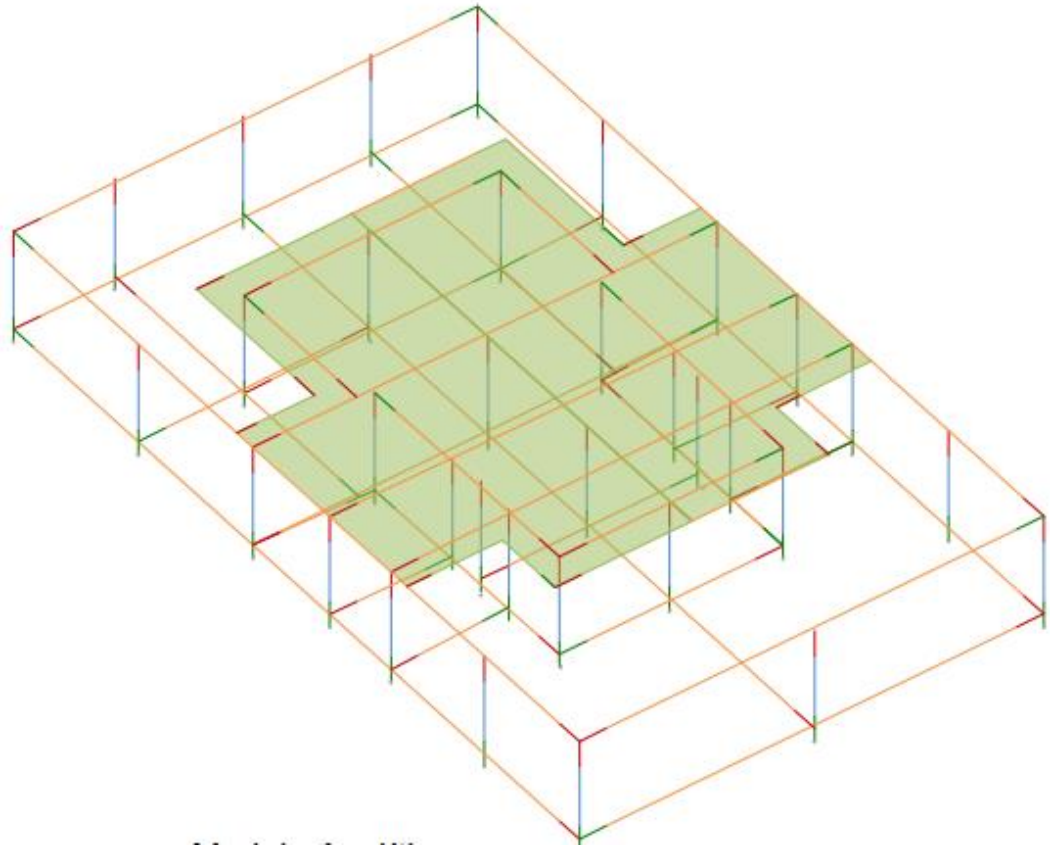


**Detalhamento do Pilar P30**

1 : 25



**APÊNDICE 9 – Modelo Analítico do Projeto Estrutural da Habitação Social gerado no software Revit Structure.**



**APÊNDICE 10 – Tabela de pilar e vergalhões do Projeto Estrutural da Habitação Social gerado no *software* Revit Structure.**

**Tabela de pilar**

Tabela de pilar estrutural		
Tipo	Contagem	Volume
15x30	12	0,15 m <sup>3</sup>
20x40	22	0,27 m <sup>3</sup>

**Tabela de vergalhões**

Tabela de vergalhões		
Tipo	Diâmetro da barra	Comprimento total da barra
5 CA-60	5 mm	2414 m
8 CA-50	8 mm	1312 m
10 CA-50	10 mm	2629 m