



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil  
Curso de Graduação em Engenharia Civil

---

**Déborah Éllen Péret Guimarães**

## **Comparação de metodologias de projeto de edificações: BIM e convencional**

Ouro Preto

2019

Comparação de metodologias de projeto de edificações: BIM e convencional

Déborah Éllen Péret Guimarães

Monografia de conclusão de curso para obtenção do grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto defendida e aprovada em 07 de junho de 2019 como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.  
Banca examinadora:

Área de concentração: Projetos

Orientador: Prof. M.Sc. Julia Castro Mendes - UFOP

Ouro Preto

2019

G963c Guimaraes, Déborah Éllen Péret.  
Comparação de metodologias de projeto de edificações [manuscrito]: BIM e convencional / Déborah Éllen Péret Guimaraes. - 2019.

91f.: il.: color; tabs.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Júlia Castro Mendes.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

1. BIM. 2. Construção Civil - Projetos. 3. Projetos - Compatibilização. I. Mendes, Júlia Castro. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 624

Catálogo: [ficha.sisbin@ufop.edu.br](mailto:ficha.sisbin@ufop.edu.br)

Comparação de metodologias de projeto de edificações: BIM e convencional

Déborah Éllen Péret Guimarães

Monografia de conclusão de curso para obtenção do grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto defendida e aprovada em 07 de junho de 2019 como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.  
Banca examinadora:



---

Orientador: Prof. M.Sc. Julia Castro Mendes - UFOP



---

Membro: Prof. D.Sc. Paulo Marcos De Barros Monteiro – UFOP



---

Membro: Prof. D.Sc. Jaime Florêncio Martins - UFOP

*“A persistência é o caminho do êxito. ”*

*Charles Chaplin*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e irmã, pelo amor e cuidado, e por sempre incentivarem a busca pelo conhecimento;

À minha orientadora Julia Mendes por todo apoio e paciência ao longo da elaboração do meu projeto final;

Ao Hugo Mouro, por fornecer o material necessário para realizar a pesquisa;

Aos amigos, que sempre torceram por mim e trouxeram alegria todos os dias;

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização da minha pesquisa.

## RESUMO

O método BIM (*Building Information Modeling*) é uma solução não tão nova para a construção civil. Nela, o projetista é capaz de modelar o edifício como um todo, em todas as suas etapas de projetos, compatibilizá-los, prever custos e prevenir erros. Dessa forma, ele reduz prazos e custos no empreendimento. O presente trabalho tem como objetivo comparar dois métodos de desenvolvimento de projetos: a plataforma BIM e o método tradicional. Busca-se avaliar as vantagens e limitações do primeiro método em relação ao segundo. Para isso foi desenvolvido um projeto de edificação residencial utilizando a plataforma BIM. Foram realizados os projetos arquitetônico, elétrico, hidrossanitário e estrutural de uma moradia familiar de dois pavimentos. Após a finalização, foi feita a comparação do presente projeto com o de outro profissional que desenvolveu o mesmo, porém do modo tradicional. A seguir, foram abordados as facilidades e os desafios encontrados durante cada etapa. Ao comparar os projetos foi possível encontrar diversos erros de projeção, em sua maioria erros humanos, causados por falta de atenção ou de conferência. Já ao fazer a compatibilização, pode-se perceber erros por falta de comunicação inicial entre as disciplinas de projeto. Com essa comparação, foi possível avaliar as vantagens que o BIM proporciona, bem como os pontos que ainda precisam de desenvolvimento. Em um segundo momento, foi possível observar a potencialidade do uso do BIM para a melhoria do ensino universitário e dos projetos de Construção Civil como um todo.

Palavras-chaves: BIM, Projetos de Construção Civil, Compatibilização de Projetos.

## **ABSTRACT**

The BIM (Building Information Modeling) method is a new solution for the civil construction sector. In it, the designer is able to model the building as a whole in all its project stages, to compatibilize, to predict costs and prevent errors. Therefore, it reduces the deadlines and costs in the enterprise. The present work aims to compare two methods of project development: the BIM platform and the traditional method. It seeks to evaluate the advantages and limitations of the first method over the second. To this purpose, a residential building project was developed using the BIM platform. The architectural, electrical, plumbing and structural projects of a two-storey one-family house were carried out. After completion, the present project was compared with another professional who developed the same one, but in the traditional way. Subsequently, we investigated the advantages and challenges encountered during each stage. When comparing the projects, it was possible to find several projection errors, mostly human errors, caused by lack of attention or conference. Already in the compatibilization stage, one can perceive errors due to lack of initial communication among the project disciplines. With this comparison, it was possible to evaluate the advantages that BIM provides, as well as the points that still need development. In a second moment, it was possible to observe the potentiality of the use of BIM for the improvement of university teaching and Civil Construction projects as a whole.

Keywords: BIM, Civil Construction Projects, Compatibilization

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alguns modelos de janela disponíveis no REVIT. ....	7
Figura 2 – Implantação do CAD e BIM no Brasil e exterior no decorrer dos anos (MENEZES, 2011).....	8
Figura 3 – Mapa com previsão da evolução da implantação do BIM no Brasil (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA).....	9
Figura 4 – Relação entre o esforço/efeito e o cronograma de projeto para análise de dois métodos construtivos, o CAD e o BIM (FREITAS, 2014).....	10
Figura 5 – Influencia do custo final de uma construção ao longo de suas fases (SANTOS, 2018). ....	15
Figura 6 – Planta baixa do projeto base. ....	21
Figura 7– Passo a passo de como criar um corte no REVIT. ....	23
Figura 8 – Corte criado no REVIT.....	23
Figura 9 – Passo a passo de como criar um detalhe no REVIT.....	24
Figura 10 – Detalhe da escada criado no REVIT.....	24
Figura 11 – 3D “renderizado” (imagem digital de como ficará ao ser construído) da residência em estudo. ....	25
Figura 12 – 3D analítico da residência em estudo.....	26
Figura 13 – 3D realista da residência em estudo.....	26
Figura 14 – 3D do projeto hidrossanitário da residência em estudo. ....	28
Figura 15 - Corte hidráulico dos banheiros da residência em estudo. ....	29
Figura 16 - Passo a passo de como criar detalhes no QiBuilder Elétrico. ....	31
Figura 17 – 3D do projeto elétrico da residência em estudo.....	32
Figura 18 - Isométrico do quarto do pavimento 1 da residência em estudo.....	32
Figura 19 - Isométrico do banheiro do pavimento 1 da residência em estudo....	32

Figura 20 – Planta de cobertura realizada pelo CAD (à esquerda) e pelo REVIT (à direita). .....	33
Figura 21 – Verificação do traçado. ....	35
Figura 22 – Verificação do diâmetro dos eletrodutos.....	35
Figura 23 – Todas disciplinas integradas no software Navisworks 2019. ....	36
Figura 24 – Comando <i>Clash Detective</i> . ....	37
Figura 25 -- Relação as incompatibilidades encontradas no Navisworks 2019. ....	37
Figura 26 – Identificação do erro entre as disciplinas arquitetônica e estrutural. O pilar intercepta a cobertura da varanda. ....	38
Figura 27 - Identificação do erro entre as disciplinas arquitetônica e elétrica. Caixa de tomada coincide com parede de cobogó.....	39
Figura 28 - Identificação do erro entre as disciplinas estrutural e hidrossanitária. Tubo sanitário coincide com armadura estrutural.....	39
Figura 29 - Planta baixa do pavimento 1. ....	45
Figura 30 - Planta baixa do pavimento 2. ....	46
Figura 31- Planta de cobertura. ....	47
Figura 32 – Corte AB. ....	48
Figura 33 – Detalhe da escada. ....	48
Figura 34 – Locação das sapatas.....	49
Figura 35 - Vigas e pilares do piso 1.....	50
Figura 36 - Vigas e pilares do piso 1.....	50
Figura 37 – Vigas e pilares do piso 2.....	51
Figura 38 – Vigas e pilares do piso 3.....	52
Figura 39 – Instalações hidráulicas do pavimento 1. ....	53
Figura 40 – Instalações hidráulicas do pavimento 2. ....	54

Figura 41 – Instalações hidráulicas da planta de forro.....	55
Figura 42 – Isométrico do banheiro do pavimento 2. ....	56
Figura 43 – Instalações sanitárias do pavimento 1. ....	57
Figura 44 -- Instalações sanitárias do pavimento 2.....	58
Figura 45 - Traçado da fiação do pavimento 1.....	59
Figura 46 - Traçado da fiação do pavimento 2.....	60
Figura 47 – Diagrama unifilar do pavimento 1 e 2. ....	61
Figura 48 – Planta baixa do pavimento 1.....	62
Figura 49 – Planta baixa do pavimento 2.....	63
Figura 50 – Planta de cobertura.....	64
Figura 51 – Corte AB. ....	65
Figura 52 – Detalhe da escada.....	65
Figura 53 – Localização das sapatas. ....	66
Figura 54 – Vigas e pilares do piso 1.....	67
Figura 55 – Vigas e pilares do piso 2.....	68
Figura 56 – Vigas e pilares do piso 3.....	69
Figura 57 – Instalações hidráulicas do pavimento 1. ....	70
Figura 58 - Instalações hidráulicas do pavimento 2. ....	71
Figura 59 - Instalações hidráulicas da planta de forro. ....	72
Figura 60 – Isométrico do banheiro do pavimento 2. ....	73
Figura 61 – Instalações sanitárias do pavimento 1. ....	74
Figura 62 - Instalações sanitárias do pavimento 2.....	75
Figura 63 – Traçado da fiação do pavimento 1.....	76
Figura 64 - Traçado da fiação do pavimento 2.....	77

Figura 65 – Diagrama unifilar do pavimento 1 e 2. ....78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Orçamentos, vantagens e desvantagens de diversos softwares em plataforma BIM..... 12

Tabela 2 - Parâmetros de classificação das experiências didáticas de ensino de BIM (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013)..... 17

# SUMÁRIO

Agradecimentos .....	II
Resumo .....	I
Abstract.....	II
Lista de Figuras .....	III
Lista de Tabelas.....	VII
Sumário .....	1
1 Introdução .....	3
1.1 Objetivo .....	4
1.1.1 Objetivos Específicos.....	4
2 Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 <i>Building Information Model (BIM)</i> .....	5
2.1.1 História.....	5
2.1.2 BIM no Brasil.....	7
2.1.3 Vantagens e desafios do método BIM .....	9
2.1.4 Softwares existentes no mercado .....	12
2.2 Compatibilização de projetos.....	14
2.2.1 Importância .....	14
2.2.2 Impactos na modelagem e construção .....	16
2.3 BIM nas universidades .....	17
3 Metodologia.....	20

3.1	Estudo de caso .....	20
3.2	Descrição do objeto estudado .....	21
4	Resultados .....	22
4.1	Projeto arquitetônico.....	22
4.2	Projeto estrutural .....	26
4.3	Projeto hidrossanitário .....	27
4.4	Projeto elétrico.....	30
4.5	Considerações sobre o processo de projeto .....	33
4.6	Compatibilização .....	35
5	Conclusão .....	40
	Referências.....	42
	Anexo A – Projeto-base .....	45
	Apêndice A – Desenhos referentes ao projeto modelado em BIM.....	62

# 1 INTRODUÇÃO

“A engenharia desde sempre esteve ligada a importantes progressos tecnológicos, que tiveram um impacto profundo na forma como hoje interagimos e vivemos com o mundo que nos rodeia” (FREITAS, 2014). Há poucos anos as ferramentas mais utilizadas em escritórios de engenharia e arquitetura eram as *Computer Aided Design* (CAD), que basicamente funcionavam como uma prancheta eletrônica, realizando somente o desenho em 2D (CRESPO e RUSCHEL, 2007). Por causa desse modo de projetar, diversos problemas surgiam e precisavam ser resolvidos durante a obra. Um dos maiores exemplos são as sobreposições entre sistemas devido à falta de compatibilização entre diferentes tipos de projetos (CRESPO e RUSCHEL, 2007).

A construção civil não depende somente de profissionais de uma determinada área, são diversos profissionais de áreas distintas trabalhando com o mesmo objetivo. Dessa forma, são necessárias ferramentas computacionais que integrem todas essas relações (COELHO e NOVAES, 2008).

Com a crescente necessidade de integração e compatibilização surgiu o *Building Information Model* (BIM), traduzido como “Modelo de Informação da Construção”, uma concepção de modelagem virtual integrada ao gerenciamento das atividades intrínsecas ao projeto (SAEPRO, 2013). Ao integrar arquitetos, engenheiros e construtores, essa metodologia de projeto elabora um modelo virtual preciso, que contém tanto informações construtivas como necessárias para orçamentos, cálculo de energia, fases da construção, além de facilitar a correção de conflitos (erros de desenho, sobreposições de instalações, etc.) (MENEZES, 2011). Com todas essas mudanças, a representação plana deixou de ser a principal forma de projeto e passou a ser apenas um dos desenhos disponíveis para entendimento do projeto (SAEPRO, 2013).

Podendo ser causado pela negligência na execução dos projetos na obra, como também pela falta de profissionais capacitados no uso do BIM, o retrabalho pode aumentar cada dia mais. Isso traz consequências como: menor qualidade do produto final, tempo maior de obra e gastos desnecessários. Assim, com o BIM, o profissional

pode analisar o projeto como um todo, prevendo problemas que apareceriam durante a execução (GESTERMAYER, PONTE, *et al.*, 2018).

Apesar das diversas vantagens, no Brasil não é cultural apresentar projetos usando a tecnologia BIM, problemas são resolvidos no canteiro. Essa tecnologia traz a ideia de fazer todo um planejamento mais elaborado, gastando um tempo maior, porém otimizando tempo e economizando dinheiro na execução (GESTERMAYER, PONTE, *et al.*, 2018).

## **1.1 Objetivo**

O objetivo do presente trabalho é entender as vantagens e desafios do uso do BIM no Brasil. Para isso, uma residência será modelada através da plataforma BIM e comparada com o mesmo projeto desenvolvido pelo método tradicional, usando o CAD.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são:

- Investigar as diferenças nas etapas de projeto entre os métodos BIM e tradicional;
- Analisar a compatibilização de projetos através de softwares BIM;
- Apresentar obstáculos para aplicação do BIM no mercado da construção civil;

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 *Building Information Model (BIM)***

#### **2.1.1 História**

Impulsionado pelo estudo do desenho e da pintura, Leonardo da Vinci fez os primeiros desenhos técnicos, no século XV. Entretanto, somente 300 anos depois começou-se a representar estes em modelos tridimensionais (3D), em um sistema criado por Gaspar Monge (FREITAS, 2014).

Até o ano de 1982, todos os desenhos eram feitos de forma manual, com o uso de papeis, canetas de nanquim, pranchetas, esquadros, régua “T”, entre outros (GIANACCINI, 2012). Nesse ano, a Autodesk trouxe um programa que revolucionou a confecção de projetos, o CAD – *Computer-Aided Design* (desenho auxiliado por computador) (GIANACCINI, 2012).

Mesmo sendo uma revolução, as ferramentas CAD não mudaram a forma de projetar, elas basicamente transferiram o desenho do papel para o computador, uma vez que, no início, esse sistema se limitava à desenhos em duas dimensões (2D) (FREITAS, 2014). Dessa forma, a grande vantagem foi a redução de erros, bem como a facilidade para fazer alterações, e conseqüentemente houve uma redução do tempo e da mão-de-obra gastos no desenho técnico. Assim, como o passar dos anos o programa foi evoluindo e hoje oferece elementos em três dimensões, 3D, tornando possível a construção em um espaço tridimensional (FREITAS, 2014).

Com o passar dos anos surgiu a necessidade de desenhos mais complexos, que integrassem todas as fases do projeto. Originado em 1980 e popularizado no ano 2000, o conceito de BIM trouxe uma ideia de armazenamento e compartilhamento das informações do projeto em um único arquivo, podendo ser acessado em qualquer momento (ROSSO, 2011). O BIM é uma representação digital do modelo geométrico somado às informações de cada componente existente (RUSCHEL, 2014).

Segundo Eastman et al (2014), apesar do conceito de BIM ter surgido há décadas, ele ainda não possui uma definição comumente aceita. A empresa M.A. Mortenson

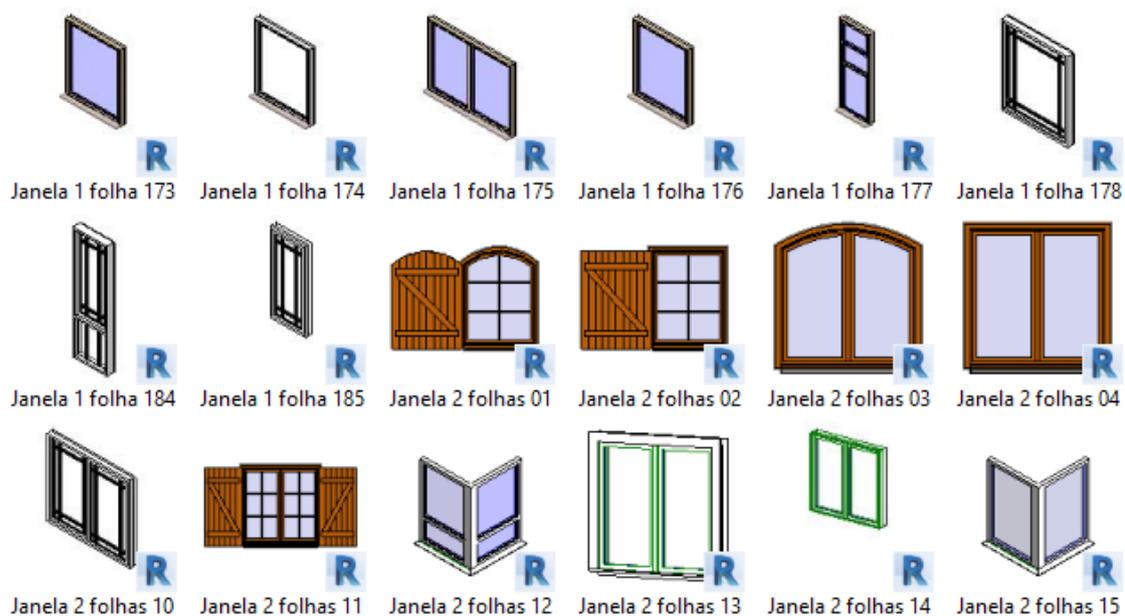
Company o define como “uma simulação inteligente da arquitetura”, que deve possuir as seguintes características, deve ser:

- Digital – Acessado pelo computador;
- Espacial – Ser 3D;
- Mensurável – Ter como quantificar, dimensionar e consultar;
- Abrangente – Integrar a ideia do projeto, o desempenho na construção, os métodos construtivos e aspectos financeiros e cronológicos;
- Acessível – Toda a equipe deve ter acesso à interface;
- Durável – Deve existir durante toda as fases de uma edificação;

Com base nesses conceitos, pode-se dizer que poucas equipes realmente usam a plataforma BIM (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014).

O Archicad da Graphisoft foi primeiro software com ferramentas BIM, lançado em 1987 na Hungria (ADDOR e CASTANHO, 2010). Desde então começaram a surgir várias iniciativas individuais de arquitetos: Em 1992, Frank Gehry montou uma equipe para suporte técnico dessa ferramenta; desde 1993, o escritório ONUMA, Inc. (escritórios no Japão e EUA) utiliza e desenvolve essa tecnologia; em 1999, a Finlândia, pioneira no desenvolvimento de projetos em BIM, lançou o software Solibri, que oferece soluções no mesmo (ADDOR e CASTANHO, 2010).

O BIM traz a ideia de uma construção inteligente, em um ambiente 3D, com os objetos característicos, não somente sua representação. Esses objetos, paramétricos de construção, são únicos e possuem características intrínsecas a eles. Por exemplo, uma janela não é somente um conjunto de linhas dispostas em um dado formato, é um objeto definido para esse fim. Para o objeto “janela” (Figura 1), existem diversos tipos, de vários tamanhos, modelos, cores e marcas, dessa forma, cabe ao projetista escolher a que melhor se adequa ao desenho (FREITAS, 2014).



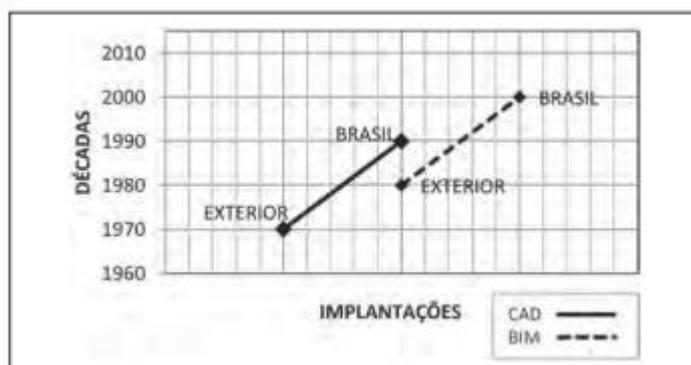
**Figura 1 – Alguns modelos de janela disponíveis no REVIT.**

Pode-se dizer que a grande diferença entre um software de modelagem 3D e um BIM é a existência desses objetos paramétricos, ou seja, objetos editáveis que podem ser alterados de acordo com a necessidade do projetista e tem características intrínsecas além da forma (ROSSO, 2011). Dessa forma, com o BIM há a possibilidade de definir propriedade aos desenhos, por exemplo, uma parede não é só um bloco, é possível definir peso, revestimento, fabricante, consumo energético, entre outras informações que ficam salvas no banco de dados (MENEZES, 2011).

### 2.1.2 BIM no Brasil

Ao chegar no mercado brasileiro, o BIM era usado somente nas etapas iniciais do projeto, nos projetos de arquitetura, substituindo o CAD (FARIA, 2007). Contudo, de acordo com Faria (2007), ainda é cedo para não utilizar mais o CAD, uma vez que ele serve de base para os programas de projetos em BIM. Segundo o SINAECO (2018) somente 9,2% das empresas de construção usam softwares BIM no seu dia a dia”.

Através da Figura 2 podemos perceber como o CAD e BIM demoraram para ser implantado no Brasil em relações a países no exterior (MENEZES, 2011).



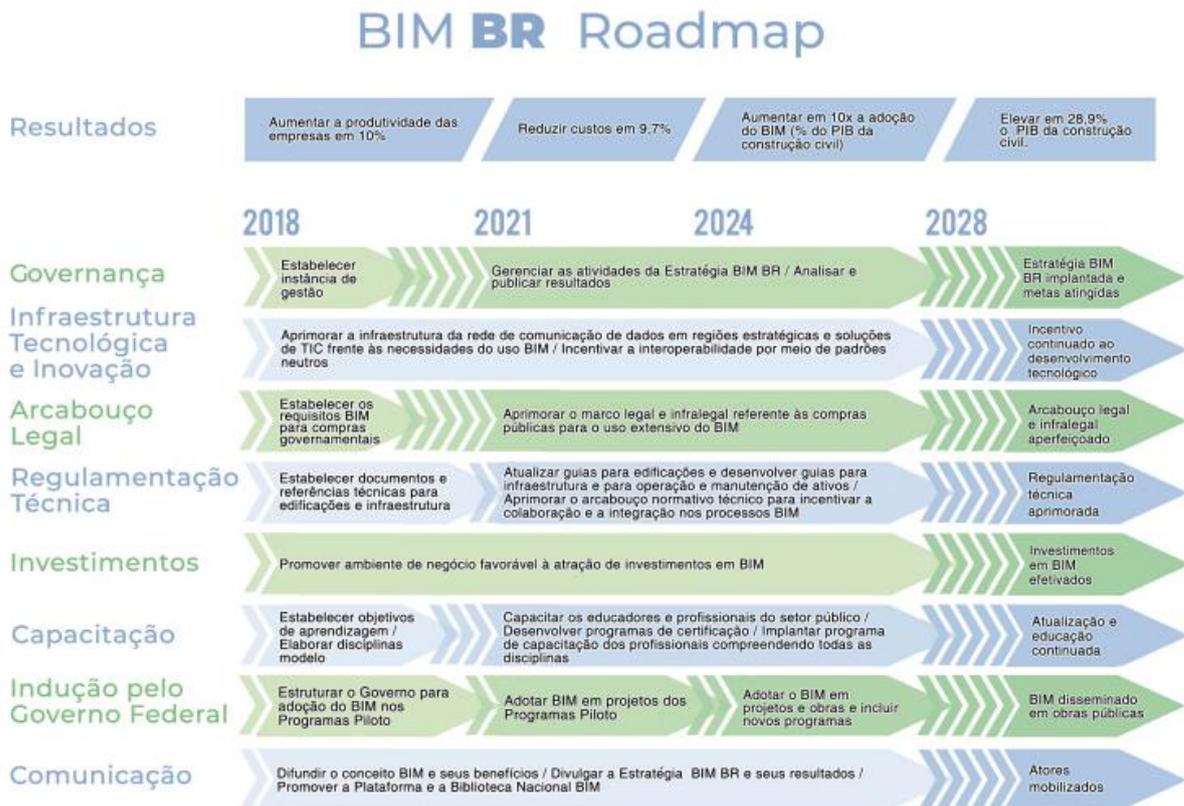
**Figura 2 – Implantação do CAD e BIM no Brasil e exterior no decorrer dos anos (MENEZES, 2011).**

Por muito tempo essa nova ferramenta não tinha uma legislação específica, assim, no dia 17 de maio de 2018 foi criado um projeto de lei para esse novo método, de acordo com o seguinte artigo: “Art. 1º Fica instituída a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* no Brasil - Estratégia BIM BR, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em *Building Information Modelling* - BIM e sua difusão no País. ” (GOVERNO, 2018). Junto ao decreto, o governo divulgou um livreto “Construção inteligente”, através do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviço (MDIC), no qual são apresentados objetivos, ações, responsabilidades, metas e compromissos para a difusão do BIM na construção (SINAECO, 2018).

Reforçando essas novas medidas, o Comitê Estratégico de Disseminação do BIM, criado em 2017, definiu prazos e metas para a implantação da plataforma no país. Entre elas, tem-se a missão de aumentar dez vezes o uso de BIM, para que, até 2024, 50% do PIB da construção use a metodologia (SINAECO, 2018). A respeito do prazo para adequação, o mesmo foi dividido em três etapas, também exemplificadas na Figura 3:

- A partir de janeiro de 2021: O BIM será exigido para projetos arquitetônicos, estruturais, hidráulicos, AVAC e elétricos, com extração de quantitativos e geração de documentos.

- A partir de janeiro de 2024: Esses projetos deverão também apresentar planejamento de execução da obra e orçamento.
- A partir de janeiro de 2028: Os projetos deverão considerar atividades pós-obra, como gerenciamento e manutenção da construção após conclusão.



**Figura 3 – Mapa com previsão da evolução da implantação do BIM no Brasil (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA).**

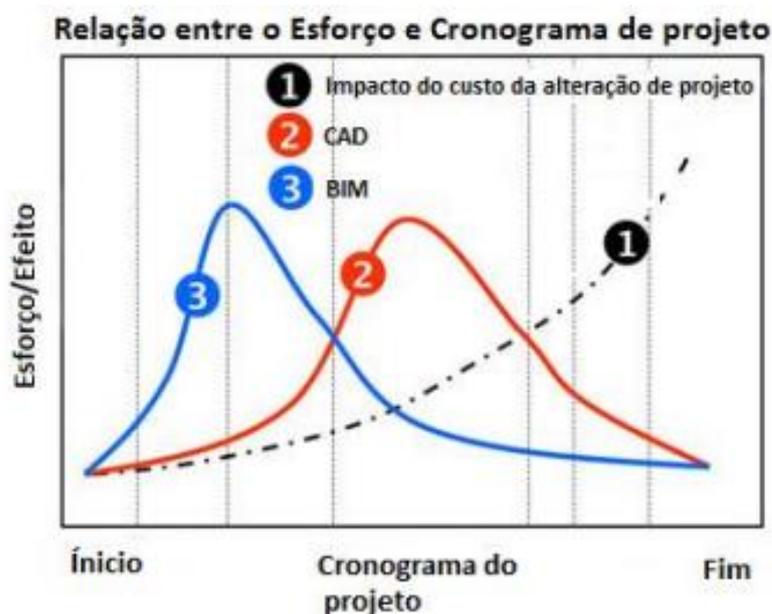
### 2.1.3 Vantagens e desafios do método BIM

Ao ser comparada com a ferramenta tradicional de desenho, o CAD, a plataforma BIM traz inúmeras vantagens que vão desde a fase de anteprojeto à manutenção futura da construção. Diante dos mais diversos benefícios podemos citar (COUTO, 2007):

- Repositório de toda a informação com livre acesso para todos os intervenientes no processo;
- Redução de incompatibilidades de projeto e consequente minimização de erros e omissões;
- Modelação virtual do edifício antes da construção, permitindo testar as mais diversificadas características;
- Controle do tempo e dos custos;
- Reposição no modelo virtual das alterações no decurso da obra;
- Manutenção do edifício e a sua sustentabilidade.

Com todas essas informações, ainda é possível entregar ao dono um documento com todas as informações da construção, para futuras intervenções (COUTO, 2007).

A Figura 4 compara as duas ferramentas construtivas: O CAD e o BIM, em relação ao esforço/efeito desde o início ao fim da construção. Percebe-se que o BIM precisa de um maior esforço logo no início do projeto, quando o impacto dos custos é bem menor. Por outro lado, o método tradicional demanda maior trabalho em etapas com custos já superiores (FREITAS, 2014).



**Figura 4 – Relação entre o esforço/efeito e o cronograma de projeto para análise de dois métodos construtivos, o CAD e o BIM (FREITAS, 2014).**

Entre os desafios do uso do BIM, o processo de aprendizagem para essa nova tecnologia pode levar até um ano, sendo essa uma das maiores desvantagens ao método (FARIA, 2007). De acordo com Eduardo Luis Isatto, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, durante a assimilação do BIM o usuário irá perder produtividade, mas ela poderá ser melhorada assim que houver o completo aprendizado do mesmo (FARIA, 2007).

Além disso, apesar de todas as facilidades provenientes dos softwares em BIM, a incompatibilidade de sistemas é uma característica que ainda não foi totalmente resolvida. Para utilização total dos programas em plataforma BIM é preciso haver a comunicação entre programas, que podem ser de mesmo fabricante, mas também podem ser produzidos por diferentes empresas (ROSSO, 2011). Esse compartilhamento através de diferentes empresas acontece por meio do IFC (*industry foundation classes*), um arquivo de dados aberto, em uma linguagem comum entre modelos de vários fabricantes (ROSSO, 2011). Contudo ainda existem alguns problemas ao transferir arquivos de softwares de marcas distintas (MENEZES, 2011).

De acordo com Crespo e Ruschel (2007) pode-se ainda citar como desafios para implementação do BIM os seguintes itens:

- Mudança na forma de executar os projetos arquitetônicos, utilizando todo o potencial do software;
- Falta de treinamento e apoio técnico;
- Custos para adquirir os softwares.

Entretanto, de forma similar ao acontecido nos Estados Unidos e Europa, algumas das maiores dificuldades existentes para a completa implementação da plataforma BIM são a falta de uma biblioteca nacional (com todos os objetos necessários para desenvolvimento completo do projeto) e a falta de uma cultura para trabalhos em equipe (MENEZES, 2011).

#### 2.1.4 Softwares existentes no mercado

Os softwares BIM transformam o desenho arquitetônico em uma construção virtual, com parâmetros e atributos específicos da construção. Dessa forma, para o desenvolvimento de projetos nos softwares, é essencial que o profissional responsável tenha conhecimento construtivo do todo (ROSSO, 2011).

A cada dia aumenta a procura por softwares BIM, apesar do alto custo das licenças de uso. De acordo com Faria (2007), nos últimos três anos, as vendas de produtos BIM cresceram de 15 a 20%. Mesmo possuindo um alto custo inicial, a implantação do BIM tem um retorno de investimento de médio à longo prazo (MENEZES, 2011).

Através da Tabela 1, pode-se comparar os diferentes orçamentos para cada tipo de software na plataforma BIM (ZIMERMANN, 2019).

**Tabela 1 - Orçamentos, vantagens e desvantagens de diversos softwares em plataforma BIM**

<b>Nome</b>	<b>Empresa</b>	<b>Investimento médio (anual)</b>	<b>Pontos positivos</b>	<b>Pontos negativos</b>
<b>REVIT</b>	Autodesk	Em torno de R\$7.000,00	3D em alta qualidade; detalhamento realista e alta aceitação no mercado	Não calcula ou dimensiona; não considera normas brasileiras; remodelagem trabalhosa e seu uso é complexo
<b>ArchiCAD</b>	Graphisoft	Apenas sob consulta	Fácil; leve; alta velocidade e interage com outros	Focado em projetos arquitetônicos e

<b>Nome</b>	<b>Empresa</b>	<b>Investimento médio (anual)</b>	<b>Pontos positivos</b>	<b>Pontos negativos</b>
			softwares BIM e CAD	pouco popular no país
<b>TQS</b>	TQS	Em torno de R\$ 20.280,00	Especialista em cálculo estrutural	Uso complexo e não abrange estruturas metálicas
<b>Eberick</b>	AltoQi	Em torno de R\$ 4.140,00	Recursos BIM de ponta; fácil; gera detalhamentos de alta qualidade e modela, analisa, dimensiona e compatibiliza em uma única plataforma.	Não abrange estruturas metálicas e não possui solução para protendidas.
<b>QiBuilder</b>	AltoQi	Em torno de R\$ 3.540,00	Solução completa e integrada; fácil; recursos BIM de ponta; conta com diversos projetos (Elétrico, hidráulico, incêndio; gás e cabeamento)	Não possui aplicação completa para projetos industriais
<b>BIM 360 (Software de compatibilização)</b>	Autodesk	Em torno de R\$ 900,00	Integra com orçamentos, gerenciamento de obra, fornecedores; a visualização de	Nem todos módulos possuem tradução; não visualiza modelos mesclados e não

<b>Nome</b>	<b>Empresa</b>	<b>Investimento médio (anual)</b>	<b>Pontos positivos</b>	<b>Pontos negativos</b>
			arquivos 2D e 3D; possui sistema de versões e comparações entre arquivos	apresenta controle de nomenclatura
<b>QiCloud (Software de compatibilização)</b>	AltoQi	Em torno de R\$ 1.860,00	Permite gerenciamento de obras do usuário; visualiza em 2D e modelos IFC; possui sistema de aprovações e plotagem e sincroniza com desktop	Não permite edição de arquivos na plataforma

## 2.2 Compatibilização de projetos

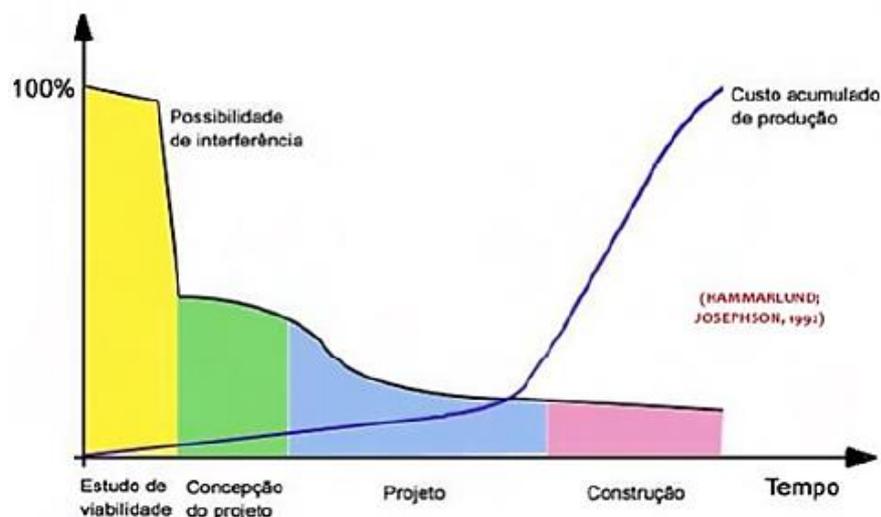
### 2.2.1 Importância

Compatibilizar projetos significa: Juntar todos os desenhos e verificar as possíveis interferências entre eles (GONÇALVES, 2019). Pode-se dizer que a compatibilização integra os projetos, simplifica as discussões. Ao projetar em CAD, as discussões costumam ser feitas verbalmente e toma-se uma decisão. Esta solução é aceita e segue-se com o projeto, até o momento que se encontra outro problema que deverá, novamente, ser discutido. Ao se trabalhar com o BIM monta-se uma equipe de projetos, com pessoas de áreas distintas para discutir e executar diversas mudanças, que pode todas serem realizadas antes da entrega final do projeto e conseqüentemente da execução da obra (CAMPESTRINI, GARRIDO, *et al.*, 2015).

Existem quatro formas de fazer a compatibilização de projetos, são elas:

1. Manual com projetos impressos: Uma das formas mais arcaicas, nela os desenhos eram impressos e sobrepostos a fim de observar problemas. O grande problema desse método é o alto risco de erros e a grande demora;
2. Com o CAD 2D: Menos trabalhosa que a manual, contudo também ineficiente para detecção de erros. Não é possível observar todas as características no projeto;
3. Com modelos 3D: Evolução aos métodos anteriores, mas ainda restrito, pois não é possível garantir a análise das informações de cada projeto;
4. Com o BIM: A melhor forma de compatibilizar projetos. Além da visão em 3D (também possível na anterior), tem-se elementos paramétricos, dados que tornam possível a avaliação das interferências, antecipando problemas e garantindo um bom resultado final. (GONÇALVES, 2019)

Normalmente ao se fazer uma modificação em uma disciplina do projeto, ocorre uma mudança, também, nas outras disciplinas, por isso a importância da compatibilização de projetos através da plataforma BIM (SANTOS, 2018). Pode-se analisar na Figura 5 a relação entre a evolução da obra em relação ao quanto se gasta, bem como observar a possibilidade de interferência com o passar do tempo.



**Figura 5 – Influencia do custo final de uma construção ao longo de suas fases (SANTOS, 2018).**

Durante o estudo de viabilidade e a concepção do projeto, é muito mais viável fazer alterações, dessa forma há uma grande possibilidade de interferência aliada a um baixo custo de execução. Essa mesma facilidade não ocorre na fase de construção, visto que já foi gasto um alto valor para começar a construir e não há uma liberdade para fazer grandes mudanças (SANTOS, 2018). De acordo com o SEBRAE (2014) as obras realizadas com softwares BIM têm uma redução de 22% no custo, 33% no tempo, 33% nos erros burocráticos, 38% nas reclamações dos clientes e 44% no retrabalho.

### **2.2.2 Impactos na modelagem e construção**

Para a adoção completa da plataforma BIM na indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) é necessário passar por várias fases de desenvolvimento, nas quais há uma ruptura de paradigma, requerendo uma nova visão sobre a forma de projetar (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013). Ruschel, Andrade e Morais (2013) definem três estágios para adoção do BIM:

- O primeiro estágio se relaciona à modelagem paramétrica, caracterizado pela modelagem de objetos. Dessa forma, normalmente trabalha-se com somente uma disciplina do projeto, gerando modelos em 3D, e desses modelos são extraídos os desenhos, quantitativos e relatórios.
- Já o segundo estágio diz respeito ao compartilhamento multidisciplinar, envolvendo duas disciplinas ou agentes, como arquitetura e estrutura. Nesse momento há trabalho colaborativo.
- O terceiro e último estágio está totalmente baseado na criação conjunta de todo o modelo, da integração em rede. Envolve a execução de todas as fases do projeto, desde a concepção à operação e manutenção (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013).

Todas essas fases podem ser resumidas através da Tabela 2, a seguir:

**Tabela 2 - Parâmetros de classificação das experiências didáticas de ensino de BIM (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013).**

Nível de competência	Parâmetros de classificação	Estágio de adoção de BIM	Parâmetros de classificação		
			Modelo de informação	Fases do ciclo de vida (projeto, construção, operação)	Produtos gerados na experiência didática
<b>Introdutório</b>	Habilita modelador	Primeiro	Modelagem e produtividade	Uma fase	Modelagem paramétrica, quantitativos, documentação
<b>Intermediário</b>	Habilita analista	Segundo	Integração de modelos e uso aplicado dos modelos de informação	Duas fases	Simulações (dimensionamento, ambientais, 4D, 5D...), compatibilização e planejamento (caminhos críticos, linha de balanço)
<b>Avançado</b>	Habilita gerente	Terceiro	Desenvolvimento compartilhado e holístico do modelo de informação	Três fases	Introdução a IPD. Colaboração envolvendo múltiplos agentes. Criação compartilhada

### 2.3 BIM nas universidades

Antes de analisar a implantação do BIM no meio acadêmico, deve-se lembrar que o Brasil teve um atraso na adesão da plataforma, assim como aconteceu com o uso do CAD. A arquiteta Gabriela Celani, professora da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, lembra que o CAD só foi implantado no Brasil em 1990, e que somente em 1994 o MEC decretou obrigatório (Portaria 1770) o ensino do mesmo para o curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo (MENEZES, 2011).

Por sua vez, o ensino do BIM começou a ser estudado internacionalmente nos cursos de engenharia civil e arquitetura no ano de 2003, porém só se intensificou entre 2006 e 2009. Isso começou por exigência do mercado, na busca por profissionais capacitados para desenvolver e gerenciar projetos integrados (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013).

Todas essas mudanças na forma de projetar exigem um profissional mais preparado, e assim, a universidade tem um papel importante, tanto na formação desses profissionais, quanto na criação de posturas que valorizem essa nova forma de projetar e construir (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013). Estamos em um mundo globalizado, e caso o Brasil não se adeque as novas condições, com profissionais capacitados ao uso do BIM, o desenvolvimento de projetos de grande porte, por exemplo, pode ser impactado (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013).

Segundo Ruschel, Andrade e Morais (2013) existe uma diversidade no ensino de BIM no Brasil, em cursos distintos, experiências variadas, em momentos diferentes (dados de 2006 a 2011). Pode-se observar que o processo de implementação do BIM está predominantemente no nível introdutório e intermediário, crescendo de forma gradual, com ênfase em modelagem do projeto arquitetônico (aumento de produtividade), simulações em 4D e geração de custos. As experiências avançadas são escassas, classificadas como nível intermediário, sendo segundo o estágio de implementação do BIM (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013). Pode-se ainda dizer que, para inserir a plataforma BIM nas universidades será preciso a compra de todos esses softwares, mas além disso é importante haver uma mudança cultural dos alunos (MENEZES, 2011).

A transição entre representação gráfica para representação e simulação numérica possibilita novas oportunidades para os alunos. Eles ficam mais próximos dos processos de projeto, dos aplicados ao canteiro de obras e dos de operação e manutenção, visto que todos eles passam a ser fundamentais para criação do modelo da construção, fazendo com que se pense na integração de disciplinas (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013).

Há uma necessidade de realizar pesquisas dentro das universidades, nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura, para investigar a melhor forma de implantar esse assunto no currículo acadêmico, seja em disciplinas que preparem o aluno para o trabalho escritório/canteiro de obras, seja em projetos de iniciação científica e extensão (MENEZES, 2011). Pode-se afirmar que a implementação do BIM, principalmente para as etapas de compatibilização de projetos, requer profissionais

com habilidades diferenciadas, que estejam dispostos a trabalhar em um novo ambiente, bem como profissionais que estejam aptos a trabalhos colaborativos (GONÇALVES, 2019). De acordo com o SEBRAE (2014), em uma pesquisa realizada Editora Pini no ano de 2013, apresentou que entre 588 profissionais da construção civil, 90% pretende usar o BIM nos próximos 5 anos.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Estudo de caso**

O presente trabalho engloba um estudo de caso com o objetivo de demonstrar as vantagens e desvantagens do uso de softwares da plataforma BIM, bem como mostrar como a compatibilização de projetos gera diversos benefícios durante a etapa de construção. Para esse estudo foi escolhido um empreendimento apresentado na disciplina “Projeto de Obras Civis” da Universidade Federal de Ouro Preto, realizado em método tradicional. A partir deste, realizamos os mesmos projetos com a metodologia BIM. Todos os projetos foram disponibilizados e autorizados para uso pelo engenheiro Hugo Mouro e estão disponíveis no ANEXO A – PROJETO-BASE.

Para aplicação do BIM foram usados os seguintes softwares:

- Revit (Autodesk): Projeto Arquitetônico e Estrutural
- QiBuilder (AltoQi): Projetos Hidrossanitário e Elétrico

E para que fosse possível compatibilizar todos esses projetos em um único arquivo, usou-se o software Navisworks, da empresa Autodesk. Escolheu-se usar programas de empresas diferentes para verificar se esse fato causa problemas na compatibilização final.

Como a escolha dos softwares não foi baseado em expertise, uma vez que a autora nunca havia trabalhado com programas da AltoQi e não possui as informações de tempo do projeto base, não foi possível usar o tempo de execução como comparação de método.

Para a execução dos projetos em BIM seguiu-se o modelo do projeto-base, dessa forma, a edificação foi feita com a mesma configuração arquitetônica e estrutural, dimensões, instalações hidrossanitárias e elétricas. Todos os desenhos modelados em BIM estão representados no APÊNDICE A – DESENHOS REFERENTES AO PROJETO MODELADO EM BIM. O foco dessa pesquisa não se relaciona aos cálculos, dimensionamentos e locação de equipamentos, mas sim com a forma na qual todos esses processos, tanto de projeto quanto de acompanhamento de obra,

foram facilitados pela plataforma. Dessa forma, erros presentes no projeto-base não foram corrigidos.

Ao fim da criação dos modelos, foi realizada a compatibilização de todos os projetos para verificar as interferências, identificando-as e quantificando-as.

### 3.2 Descrição do objeto estudado

O projeto-base consiste em uma residência unifamiliar com dois pavimentos e 214,09 m<sup>2</sup>. O primeiro pavimento possui garagem, sala de estar, suíte, banheiro social, cozinha, varanda, área de serviço e despensa. Já o segundo andar é composto por salão de jogos, sala de estar, quarto de hóspedes e do casal, banheiro e uma pequena sacada, conforme

Figura 6.

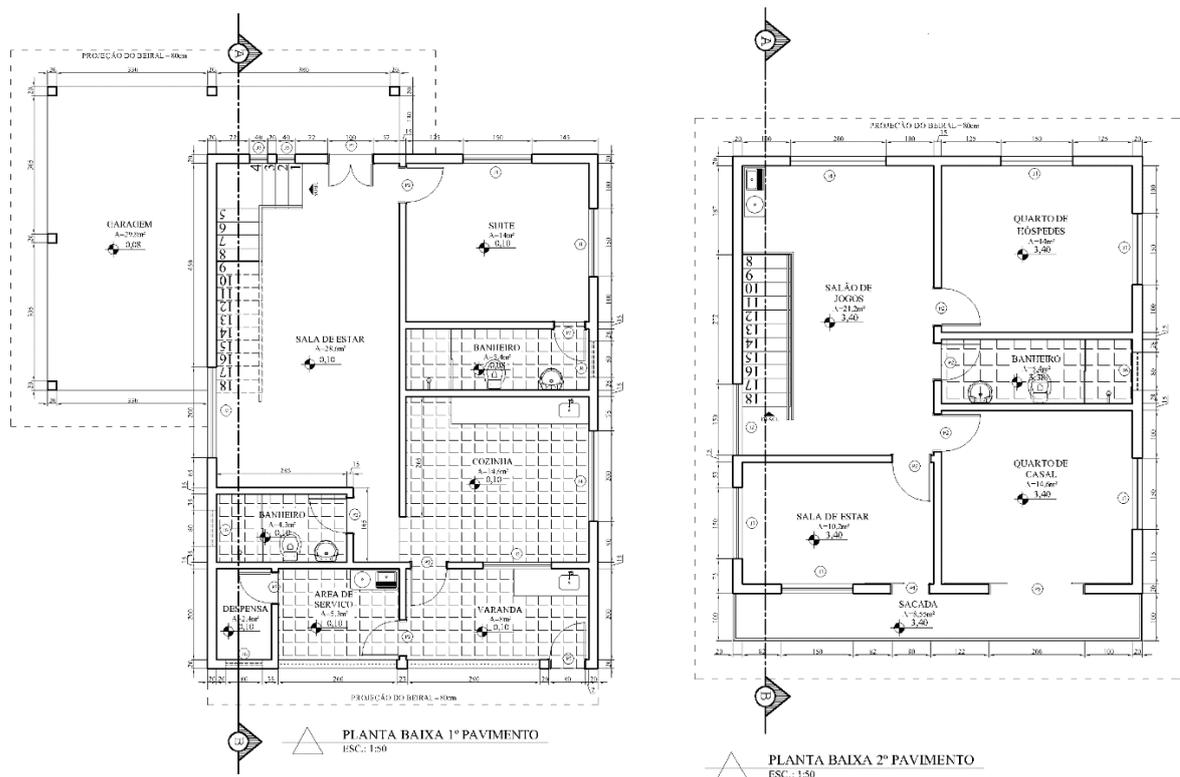


Figura 6 – Planta baixa do projeto base.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Projeto arquitetônico

Para a execução do Projeto Arquitetônico utilizou-se o software Revit 2019, da empresa Autodesk. Conforme o projeto-base, foram feitos os seguintes desenhos: Planta baixa dos pavimentos 1 e 2, corte AB, cobertura e detalhe da escada.

Antes de começar a projetar, fez-se necessário escolher um *template* adequado aos padrões e normas brasileiras. O *template* é um modelo base que vem com estrutura e características pré-definidas para facilitar a criação do desenho. No presente estudo, o escolhido foi o da “Projeto ACG”, baixado gratuitamente. Esse *template* já possuía grande parte das famílias pré-configuradas. Família é um conjunto de elementos com propriedades gráficas comuns, por exemplo família de portas e janelas. Esse fato agilizou a modelagem.

Como o *template* aberto, começou-se a projetar, desenvolvendo a planta baixa e cobertura. A seguir, foram lançadas as paredes, inseridas as esquadrias, pisos, escadas e posteriormente a cobertura. Por fim foram feitos os detalhamentos, colocadas as cotas, nomes de ambientes e áreas, para, assim, o desenho ficar de acordo com o projeto-base.

O corte e detalhe da escada são fornecidos de forma automática. Para o corte basta acessar o comando “Corte” (1), traçar a linha na planta baixa de algum pavimento (2) e acessar o menu lateral “Corte” (3), conforme Figura 8 e Figura 8. Para o detalhe da escada é necessário abrir a aba vista (1) selecionar o comando “Chamada de Detalhe” (2), contornar, também na planta baixa, a área requerida (3) e acessar o menu lateral “Corte” (4), como mostra a Figura 9 e Figura 10.

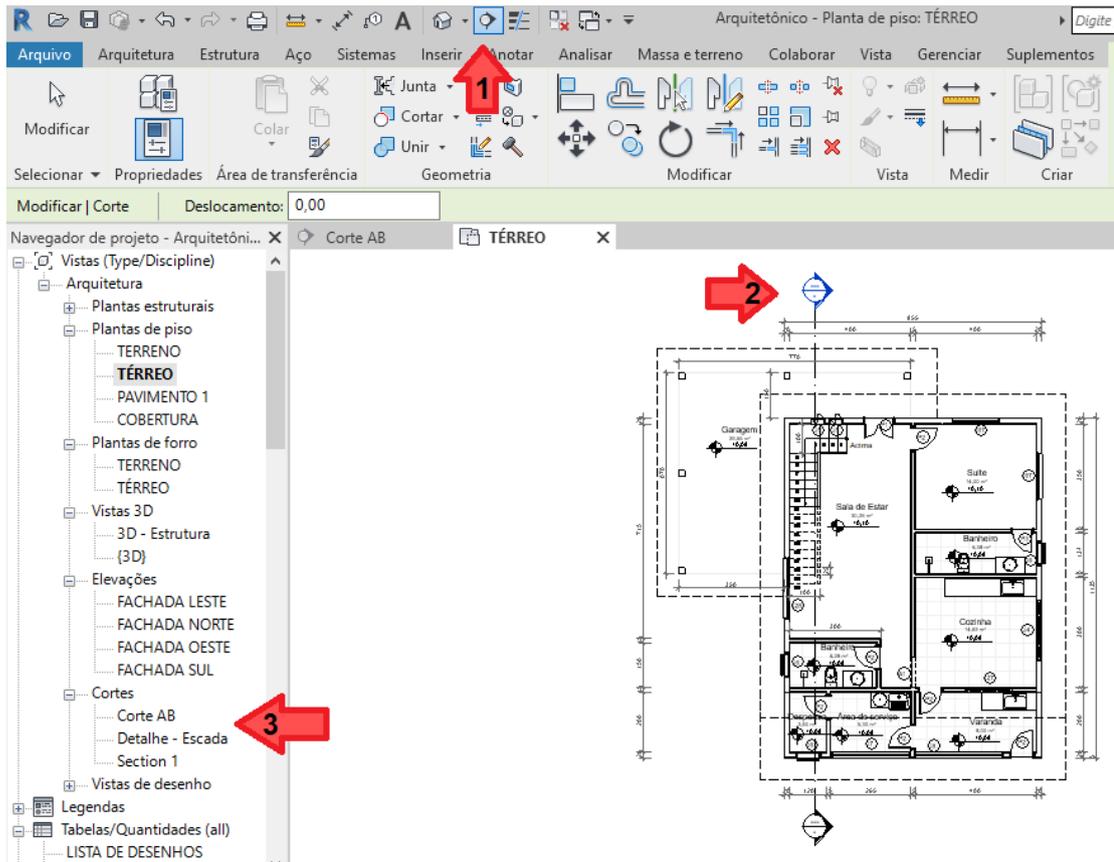


Figura 7– Passo a passo de como criar um corte no REVIT.

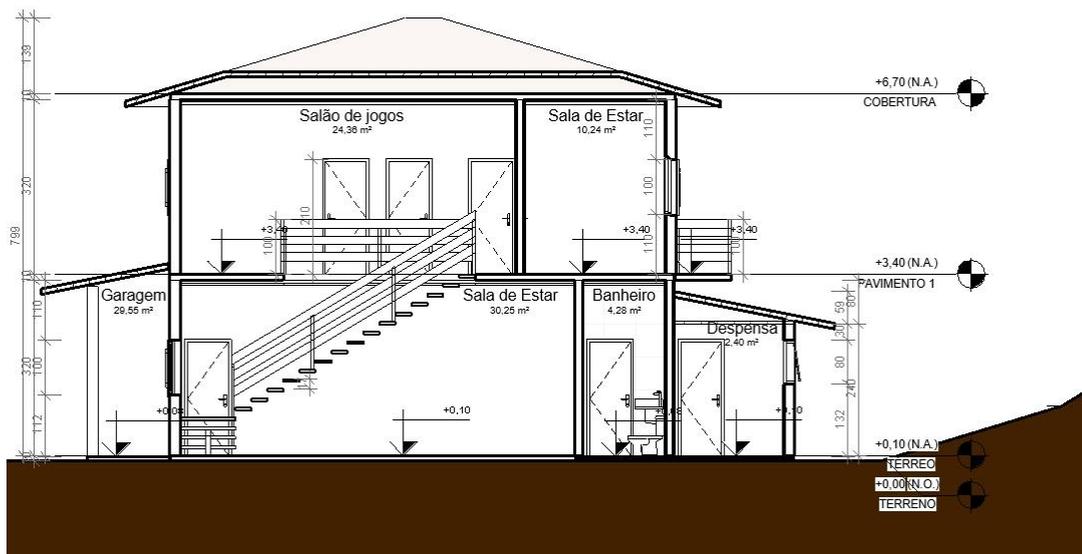


Figura 8 – Corte criado no REVIT.

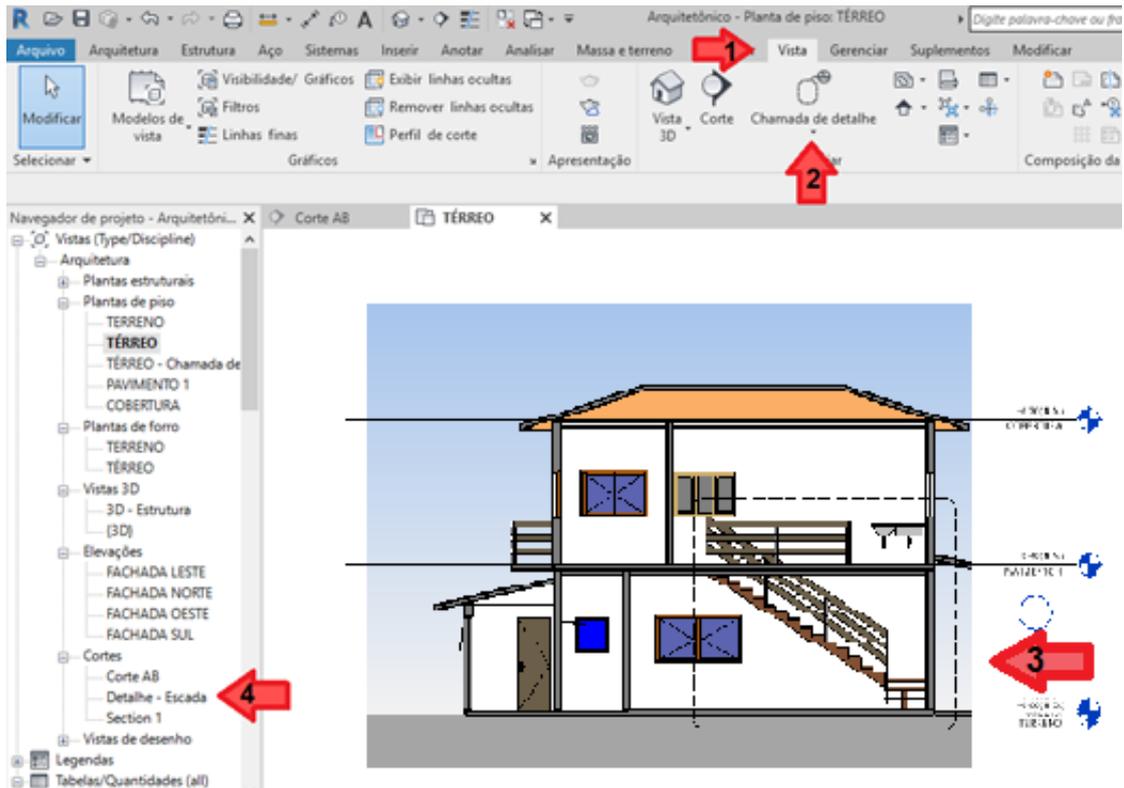


Figura 9 – Passo a passo de como criar um detalhe no REVIT.

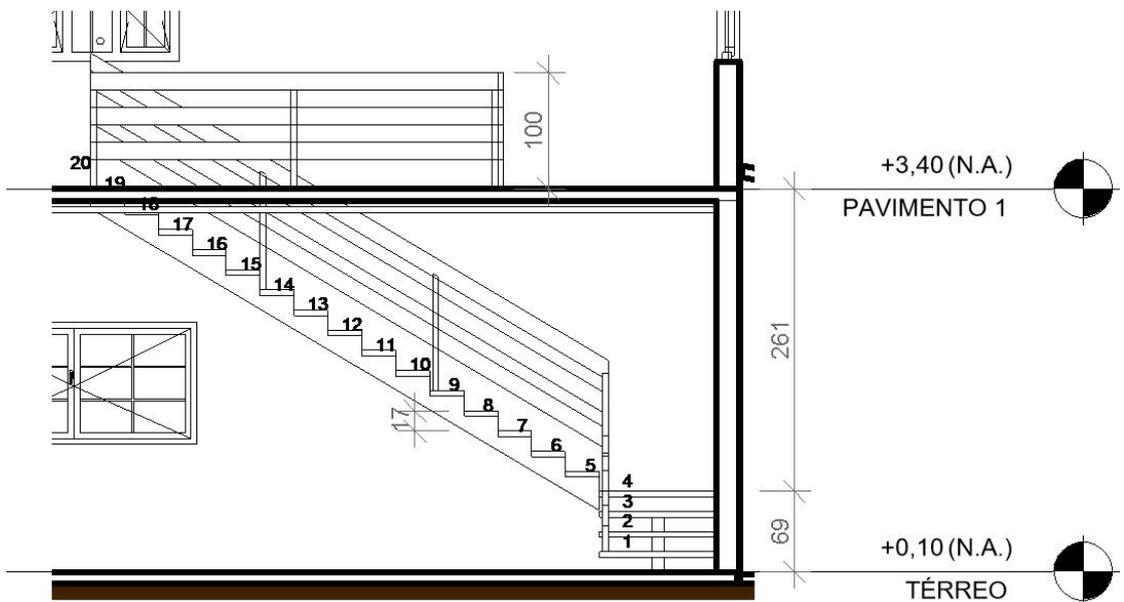
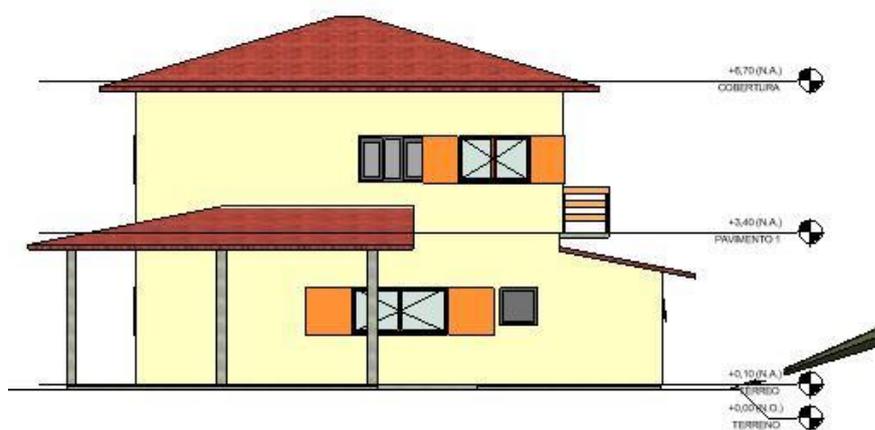


Figura 10 – Detalhe da escada criado no REVIT.

Como no projeto-base não há especificações sobre o tipo de esquadrias, cores de paredes, estilos de piso, dentre outros, estes foram escolhidos de forma genérica de acordo com a autora, uma vez que o Revit exige esses parâmetros. É importante ressaltar que, de acordo com projeto base, as paredes da área de serviço são paredes de cobogó. O resultado final da modelagem arquitetônica está apresentado nas Figura 10 e Figura 12. As demais representações se encontram no APÊNDICE A – DESENHOS REFERENTES AO PROJETO MODELADO EM BIM.



**Figura 10 – Fachada da residência em estudo.**



**Figura 11 – 3D “renderizado” (imagem digital de como ficará ao ser construído) da residência em estudo.**

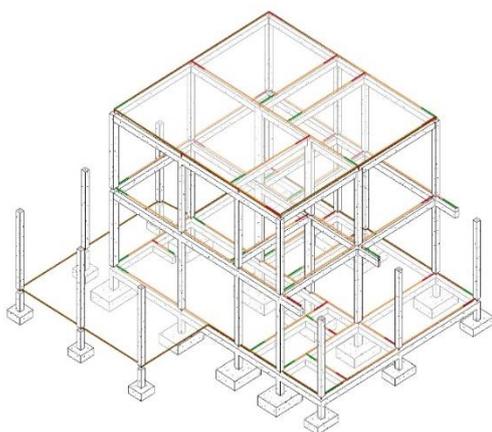
## 4.2 Projeto estrutural

Para o Projeto Estrutural utilizou-se o software Revit 2019, da empresa Autodesk e conforme projeto-base, foram feitos os seguintes desenhos: Plantas dos pisos 1, 2 e 3 e fundação.

Para começar o projeto foi escolhido um *template* pré-configurado de acordo com normas brasileiras, baixado gratuitamente. Como já estava pré-configurado, ao abrir o Revit, o mesmo já possuía as devidas famílias necessárias junto com as subdivisões dos desenhos.

Com o *template* aberto, o próximo passo foi vincular o projeto arquitetônico, realizado anteriormente, a este. Feito isso começou-se a locar os pilares, vigas e pisos, seguido da fundação e escada; em seguida foram locadas as armaduras longitudinais e transversais. Por fim, foram colocadas as legendas e símbolos, para assim obtermos um projeto similar ao projeto-base.

Da mesma forma que o projeto arquitetônico exemplificado anteriormente, basta fazer os projetos em planta baixa que eles já são automaticamente desenhados, 3D e cortes. O resultado final da modelagem estrutural está apresentado nas Figura 12 e Figura 13.



**Figura 12 – 3D analítico da residência em estudo.**



**Figura 13 – 3D realista da residência em estudo.**

### 4.3 Projeto hidrossanitário

Na etapa de projeto hidrossanitário o software utilizado foi o QiBuilder 2017, da empresa AltoQi. No projeto-base os desenhos feitos foram: Planta baixa do pavimento 1 e 2, planta da laje de forro e isométrico do banheiro do pavimento 2.

Para começar a projetar nesse software é necessário configurar diversas informações sobre o projeto, tais como: responsável, proprietário, classificação da construção, número de moradores, altura do pé direito, etc. Após os dados serem preenchidos, a página para desenhar é aberta. É importante observar que, por conter muitas informações, os projetos hidráulicos e sanitários são feitos separadamente, cada qual em sua respectiva categoria. Para começar a projetar, vinculou-se, no projeto, as plantas baixas do projeto arquitetônico em formato “.dxf” (utilizou-se o projeto realizado em REVIT exportado para o CAD), cada andar em uma página diferente.

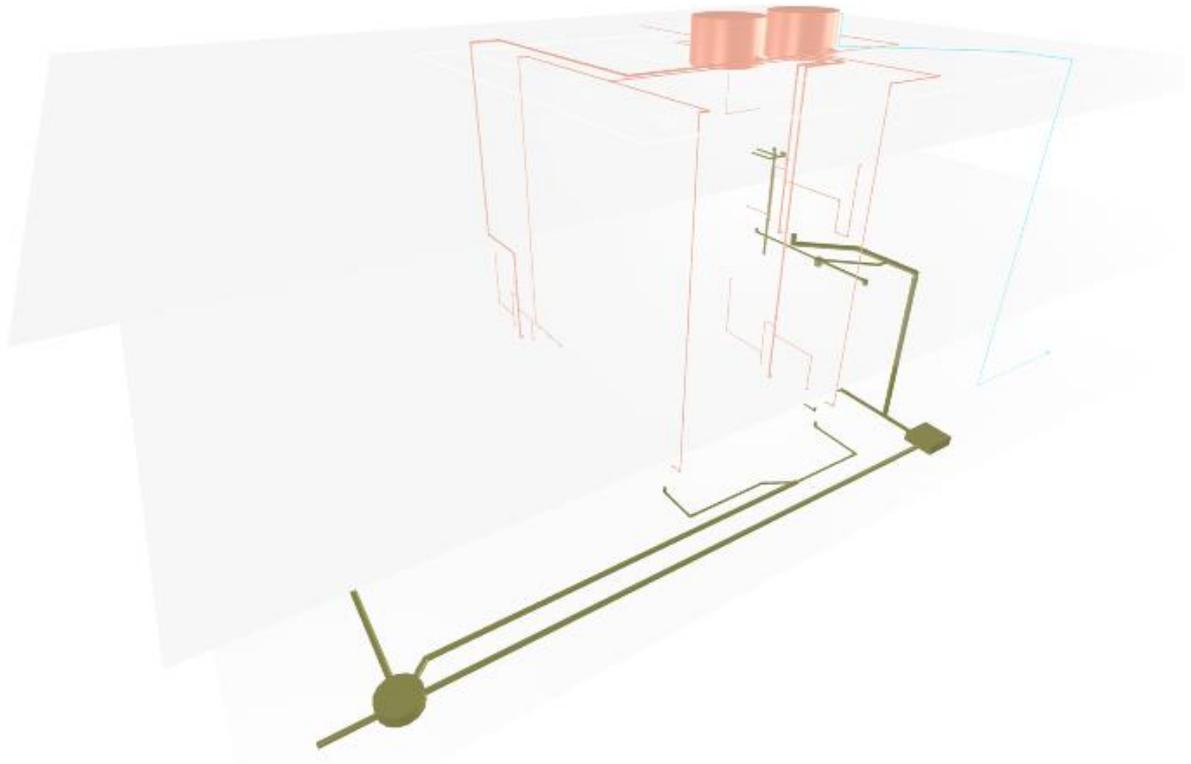
Começou-se projetando o sistema sanitário, para isso locou-se os tubos de queda, logo após as caixas de passagem, inspeção e gordura junto com os subcoletores. Em seguida foram colocados os ramais em cada cômodo necessário, para assim locar as peças sanitárias. Diferentemente dos softwares da Autodesk, no Qibuilder Hidrossanitário as legendas já são colocadas automaticamente, dessa forma, ao colocar o cano, informações como diâmetro, material e inclinação já são inseridas junto.

Em seguida foi projetado o sistema hidráulico. Começou-se traçando o encanamento da alimentação, seguido das colunas de água fria. Feito isso traçou-se os ramais e sub-ramais, bem como as peças hidráulicas e registros. Para isso foi criado um detalhe isométrico em cada cômodo. Por fim projetou-se a planta de forro, onde foi locado as caixas d'águas, fazendo a ligação entre as colunas de água fria e os reservatórios. Assim como o sanitário, as legendas já foram colocadas automaticamente.

Assim como nos softwares da Autodesk, é necessário escolher as características do objeto que são inseridos no projeto, como material do encanamento, conexões e caixas da passagem e inspeção. Uma característica importante desse software é a

capacidade de dimensionar e verificar elementos lançados. Dessa forma, o projeto só é finalizado após solicitarmos a verificação, na qual são conferidos se todo o traçado e dimensionamento estão corretos, bem como o fluxo.

O resultado final da modelagem está apresentado nas Figura 14 e Figura 15.



**Figura 14 – 3D do projeto hidrossanitário da residência em estudo.**

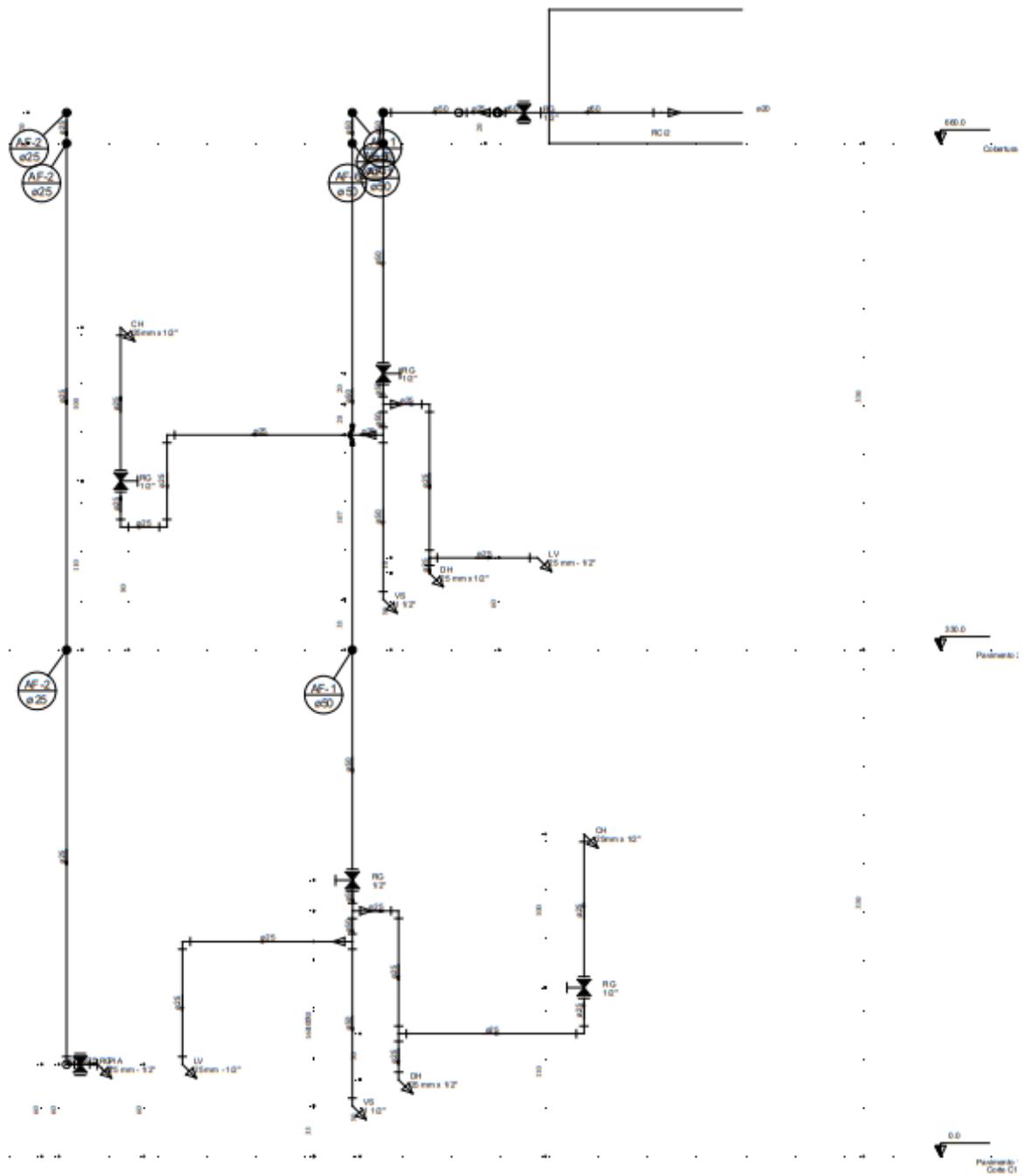


Figura 15 - Corte hidráulico dos banheiros da residência em estudo.

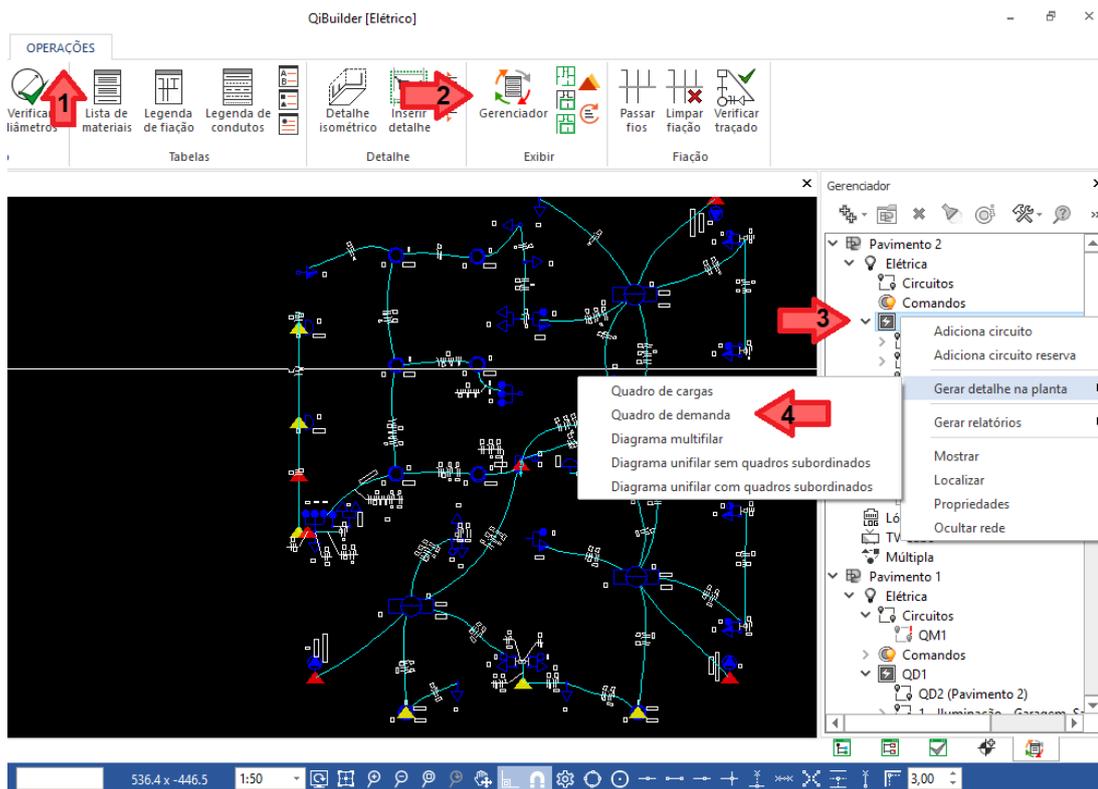
#### **4.4 Projeto elétrico**

Na etapa de projeto elétrico utilizou-se o QiBuilder 2017, da empresa AltoQi e de acordo com o projeto-base, os desenhos realizados foram: Plantas baixas dos pavimentos 1 e 2 e diagrama unifilar.

Para começar a projetar é preciso inserir as informações do projeto, como responsável, proprietário, altura do pé direito, etc. para assim se abrir a página para realizar o desenho.

Após realizadas as configurações iniciais, vinculou-se, no projeto, as plantas baixas do projeto arquitetônico em formato “.dxf” (utilizou-se o projeto realizado em REVIT exportado para o CAD), cada andar na sua respectiva aba, e iniciou-se o processo de projeto. Inicialmente fez-se a escolha e lançamento das lâmpadas, tomadas e interruptores, bem como o quadro de distribuição e medição, prestando bastante atenção nas alturas para locação. A seguir foram lançados os eletrodutos e por fim os símbolos para fiação.

Os quadros de carga e o diagrama unifilar são feitos de forma automática, basta selecionar abrir a aba operações (1), ir em gerenciador (2), acessar o quadro desejado (3), selecionar o detalhe a ser colocado (4) e colar na tela de desenho, conforme Figura 16. Além disso, com esse software é possível fazer o lançamento automático de lâmpadas, tomadas e eletrodutos. Nesse projeto não foi utilizada a ferramenta automática pois havia a necessidade de manter-se fiel ao projeto-base.

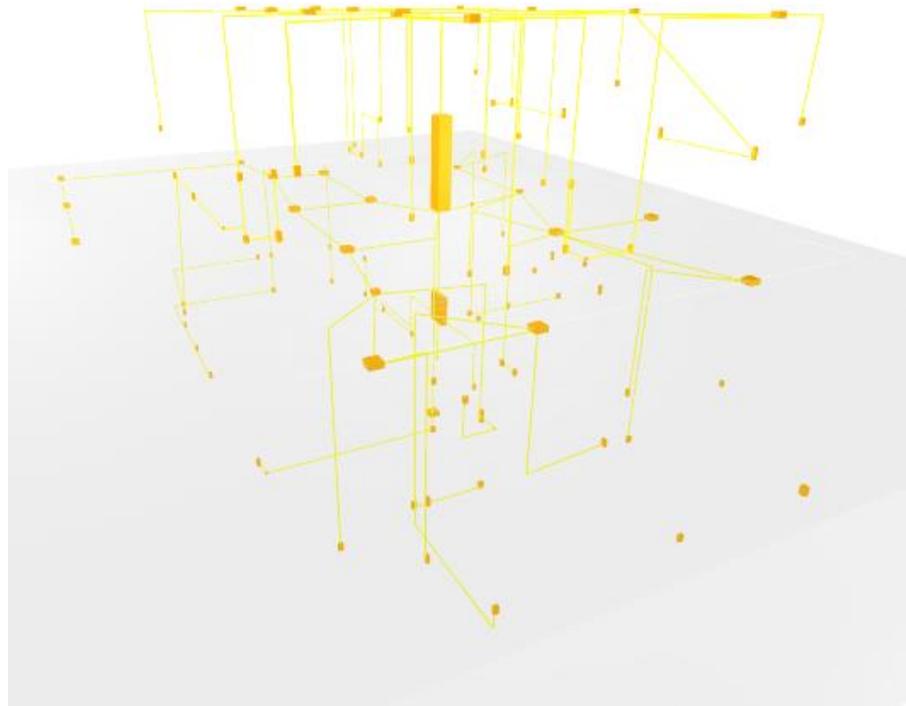


**Figura 16 - Passo a passo de como criar detalhes no QiBuilder Elétrico.**

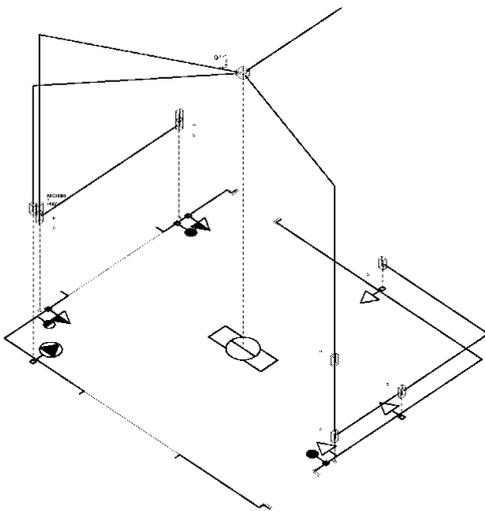
Assim como nos softwares da Autodesk, é necessário escolher as características do objeto que são inseridos no projeto. Dessa forma, foi de escolha da autora a marca e potência das lâmpadas. Por isso elas estão representadas de forma diferente no projeto, de forma circular e retangular.

Um detalhe importante desse software é a capacidade de dimensionar e verificar elementos lançados. O projeto só é finalizado após solicitarmos a verificação, na qual é conferido se todos os condutos estão com dimensão correta, se todas as ligações do eletrodutos chegam ao quadro de distribuição e se todos os comandos de lâmpadas têm um interruptor ligado.

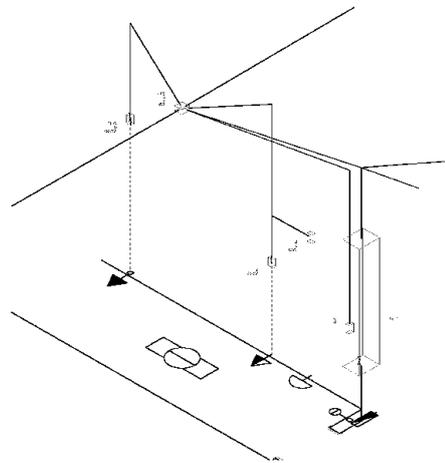
O resultado final da modelagem elétrica está apresentado nas Figura 17, Figura 18 e Figura 19.



**Figura 17 – 3D do projeto elétrico da residência em estudo.**



**Figura 18 - Isométrico do quarto do pavimento 1 da residência em estudo.**

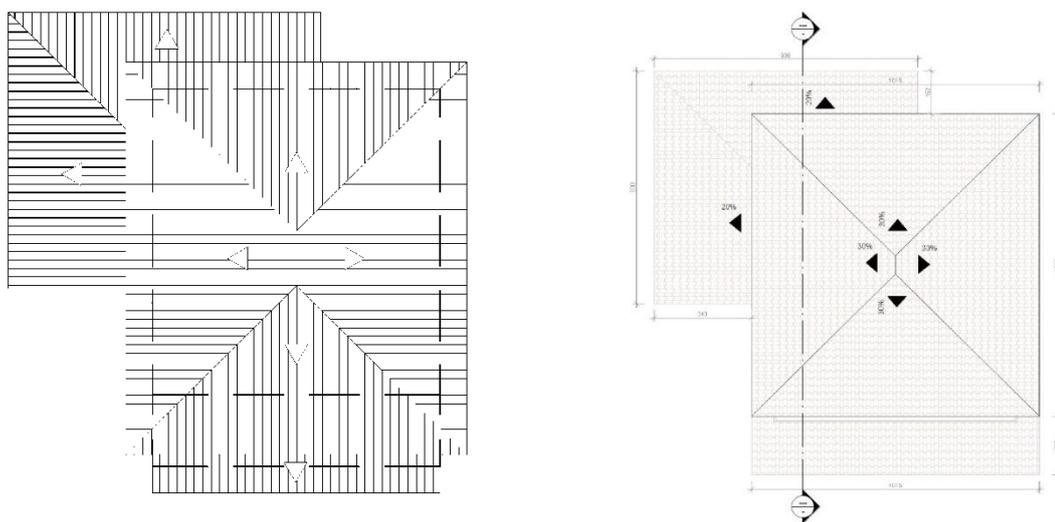


**Figura 19 - Isométrico do banheiro do pavimento 1 da residência em estudo.**

#### 4.5 Considerações sobre o processo de projeto

A principal diferença entre projetar em BIM e em CAD é o fato de no BIM ser necessário escolher os objetos e não simplesmente desenhar linhas. Por exemplo, ao se fazer o projeto arquitetônico foi preciso escolher o modelo e as características do piso a ser escolhido; no estrutural foi necessário configurar das dimensões o pilar de concreto; no hidrossanitário foi preciso escolher o modelo da caixa d'água e no elétrico, o modelo das lâmpadas. Esse processo fez com que se demore um pouco mais para começar a projetar em BIM, pois foi necessário escolher e cadastrar esses elementos para inseri-los no projeto, mesmo o software e/ou *template* já vindo com alguns pré-configurados.

Por outro lado, o processo de projeto foi facilitado em diversos outros aspectos. Inicialmente, ganhou-se muito tempo ao não ter que fazer todos os desenhos exigidos, visto que com a ajuda de simples comandos foi possível obter cortes, fachadas, detalhes e o 3D. Isso ocorre porque a residência é modelada como um todo, daí cada vista e prancha simplesmente consiste em uma mudança de vista, e não em cada desenho sendo feito separadamente. A Figura 20 mostra, à esquerda, a planta de cobertura realizada pelo engenheiro Hugo Mouro junto e à direita, pela autora.



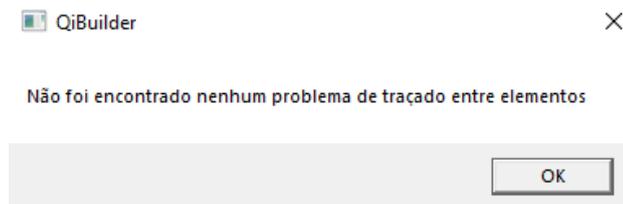
**Figura 20 – Planta de cobertura realizada pelo CAD (à esquerda) e pelo REVIT (à direita).**

Essa modelagem global também facilita a correção de erros. No CAD é necessário corrigir cada desenho de forma individual; por exemplo, se existe em erro no encanamento do sistema hidráulico é preciso corrigir a planta baixa, o isométrico e o corte separadamente. Já com o BIM, ao se corrigir em um desenho, o erro é reparado nos outros desenhos em que aparece; logo o mesmo exemplo anterior poderia ser corrigido somente na planta baixa e as demais são atualizadas automaticamente.

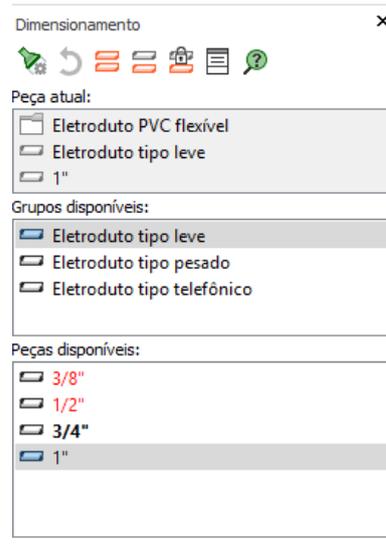
Dentre todas as disciplinas, a que é mais facilitada pelo uso do BIM foi o projeto arquitetônico, uma vez que ele normalmente tem uma maior demanda de tempo e atenção para se executar pelo método tradicional, além de ser o que possui mais detalhes. Além disso, o projeto arquitetônico serve de base para os outros projetos. Dessa forma, um arquitetônico bem feito e com menos erros facilitou o desenvolvimento das outras disciplinas.

No projeto estrutural não houve grandes diferenças no uso do BIM, visto que o projeto-base foi realizado pelo programa CypeCAD. Esse programa possui uma modelagem parecida com a do REVIT, e além disso fornece todos os desenhos em 2D, com todas as armaduras e seus detalhamentos. Já ao usar o Revit 2019, esse traçado das armaduras, apresentado de forma automática no CypeCAD, é realizado de forma manual e individual, dessa forma foi preciso passar por cada pilar e viga locando as armaduras.

Tanto no projeto hidrossanitário quanto no elétrico, o software permite verificar o traçado. O projeto só foi validado quando o traçado estava correto, ou seja, quando os condutos, encanamentos e equipamentos foram todos conectados entre si (Figura 21). Além disso, apesar de não ser objeto de estudo nesse trabalho, esse programa também faz a conferência do dimensionamento; por exemplo, no projeto elétrico pode-se ver se os eletrodutos foram bem dimensionados, caso contrário era possível fazer a troca (Figura 22). O mesmo ocorreu para os projetos hidrossanitários.



**Figura 21 – Verificação do traçado.**



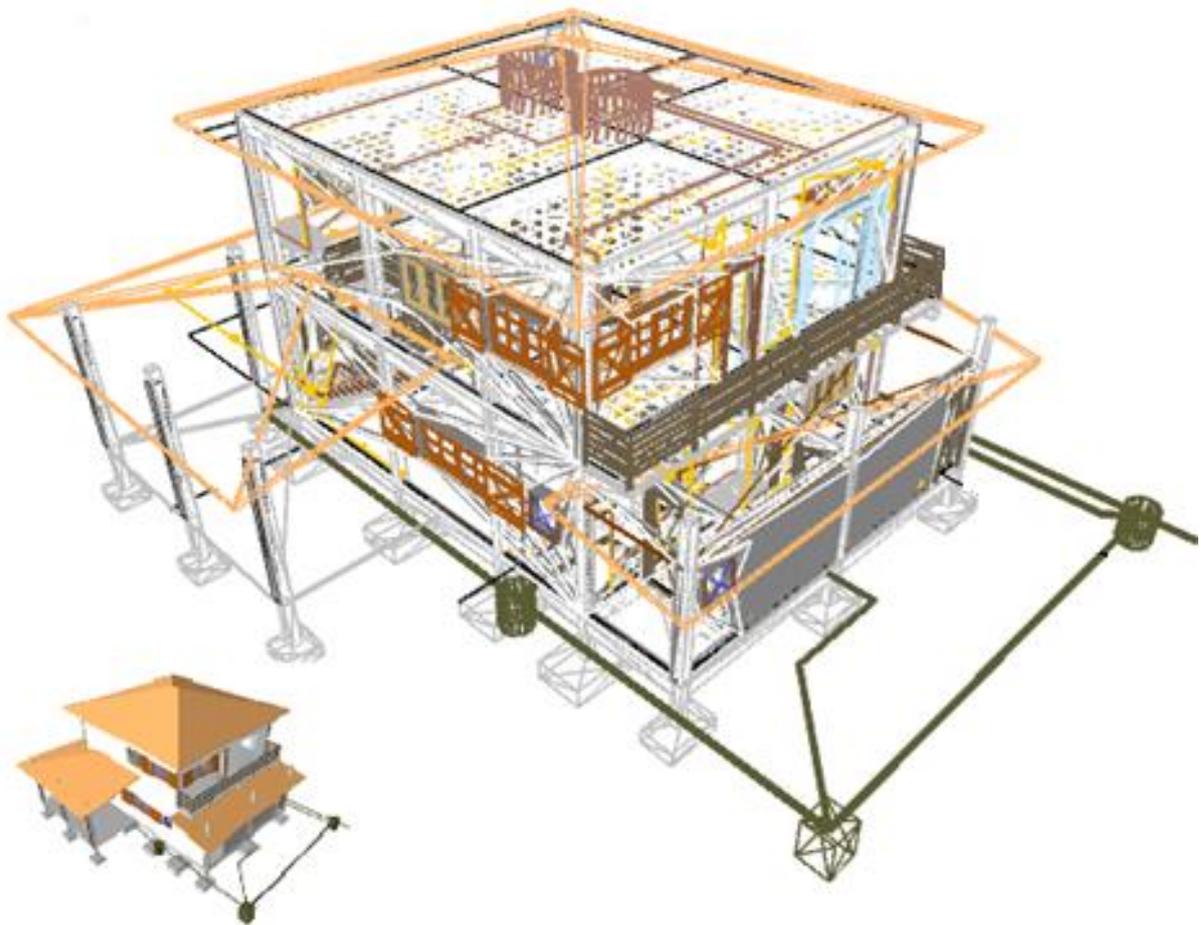
**Figura 22 – Verificação do diâmetro dos eletrodutos.**

Outra vantagem de ser adotar BIM são as informações extras que podem ser extraídas dos softwares, como lista de materiais, relatórios, orçamentos e quantitativos. Isso gera uma grande economia, visto que não há necessidade de se contratar um profissional exclusivo para esse serviço que gastaria horas para realizar tal atividade.

#### **4.6 Compatibilização**

Na fase de compatibilização foram analisados os erros existentes ao se unir todos os projetos em um único arquivo. Para isso foi utilizado o software Navisworks 2019 da empresa Autodesk. Ele identifica a quantidade e localização de cada interferência, gerando um resumo final das características encontradas.

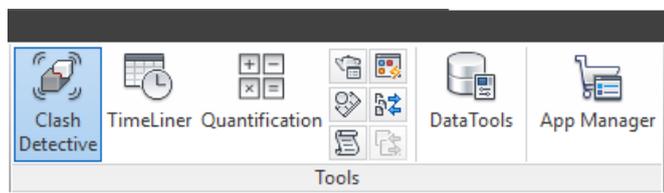
Para começar a compatibilização, importou-se todas as disciplinas desenvolvidas. É importante ressaltar que como foram usados softwares de empresas diferentes, Autodesk e AltoQi, a autora converteu todos os arquivos para a extensão “.ifc”. O uso de softwares de empresas diferentes não afetou o resultado final, uma vez que ambas empresas fornecem a possibilidade da conversão, sem perda das características do projeto. A Figura 23 mostra a tela no Navisworks com todas as disciplinas importadas.



**Figura 23 – Todas disciplinas integradas no software Navisworks 2019.**

Uma vez adicionados todos os projetos, foi necessário identificar as incompatibilidades, para isso usou-se o comando *Clash Detective* (Figura 24). Esse comando abre uma janela na qual são definidos os testes e conjuntos de desenhos a

ser analisados. Para esse trabalho foram definidos quatro tipos: Completo, Estrutural x Elétrico x Hldrossanitário, Arquitetônico x Estrutural e Elétrico x Hidrossanitário. Assim, o Navisworks gerou a lista de incompatibilidades e as localizou no desenho, conforme Figura 25.



**Figura 24 – Comando *Clash Detective*.**

The screenshot shows the 'Clash Detective' window for the project 'Elétrico x Hidrossanitário'. The window title is 'Clash Detective' and it shows the last run date as 'terça-feira, 21 de maio de 2019 00:00:56'. The summary table indicates a total of 34 clashes, all of which are open.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolve
Completo	Done	3920	3920	0	0	0	0
Estrutural x Complementar	Done	541	541	0	0	0	0
Arquitetônico x Estrutural	Done	3493	3493	0	0	0	0
Elétrico x Hidrossanitário	Done	34	34	0	0	0	0

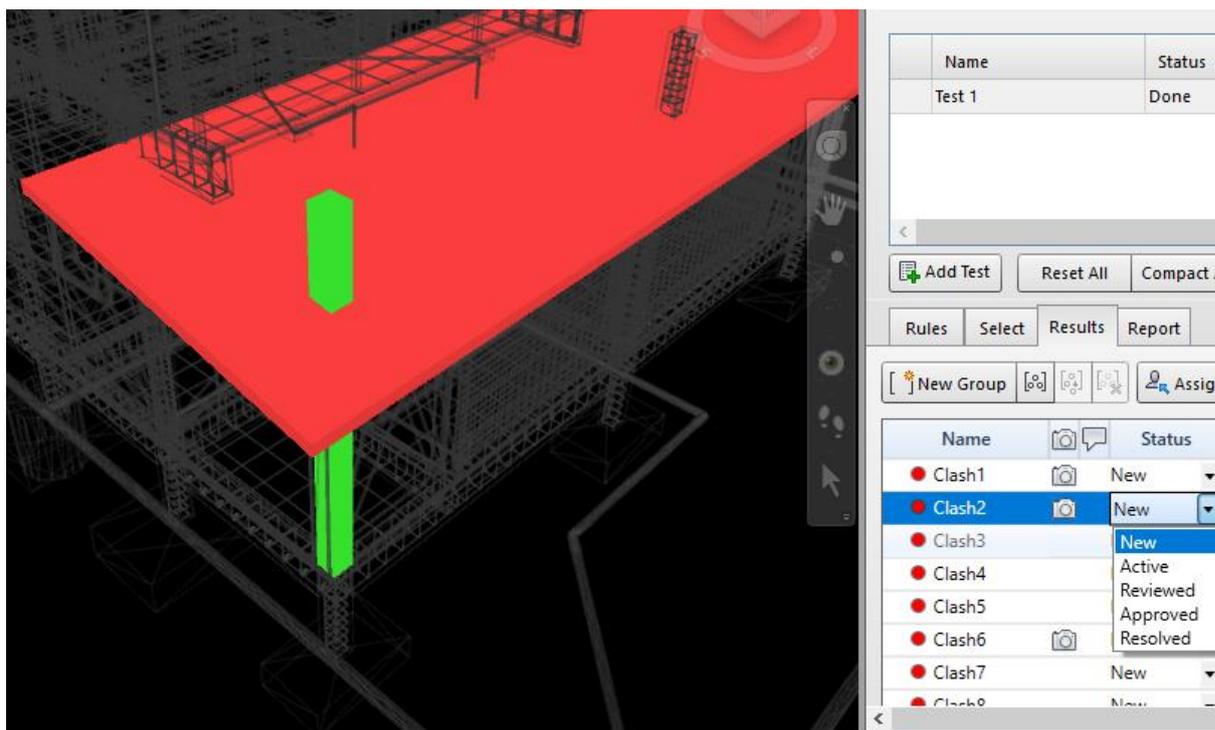
Name	Status	Found	Approved...	Approved	Descriptio
Clash1	New	00:00:56 21-05-2019			Hard
Clash2	New	00:00:56 21-05-2019			Hard
Clash3	New	00:00:56 21-05-2019			Hard
Clash4	New	00:00:56 21-05-2019			Hard
Clash5	New	00:00:56 21-05-2019			Hard
Clash6	New	00:00:56 21-05-2019			Hard
Clash7	New	00:00:56 21-05-2019			Hard
Clash8	New	00:00:56 21-05-2019			Hard
Clash9	New	00:00:56 21-05-2019			Hard
Clash10	New	00:00:56 21-05-2019			Hard
Clash11	New	00:00:56 21-05-2019			Hard

**Figura 25 – Relação as incompatibilidades encontradas no Navisworks 2019.**

Através da Figura 25, pode-se perceber que foram encontrados 3920 erros. A maior parte deles foram encontrados na compatibilização das disciplinas arquitetônica e estrutural, sendo elas as com maior potencial de retrabalho e desperdícios nos

canteiros de obras, gerando o maior nível de gastos. Por outro lado, a compatibilização das disciplinas elétrica e hidrossanitária obteve poucos erros, incompatibilidades essas que costumam de ser fácil resolução se abordadas na etapa de projeto. É importante observar que esse grande número de erros ocorreu mesmo com os projetos realizados pelo mesmo profissional. Com a ideia de vários profissionais no mesmo projeto, o número de incompatibilidades tende a aumentar.

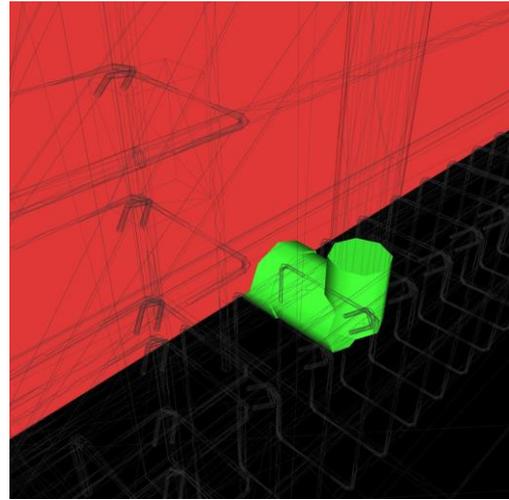
O Navisworks funciona como um software de gerenciamento; dessa forma, não é possível fazer as correções nele próprio. Contudo, ele foi extremamente importante para identificar todos os erros e facilitar a sua correção nos softwares de origem. Por organizar os projetos, foi possível identificar se a incompatibilidade já tinha sido analisada, se era nova, se já estava aprovada, dentre outras classificações, bem como salvar a imagem na melhor posição para análise, como mostra Figura 26, Figura 27 e Figura 28.



**Figura 26 – Identificação do erro entre as disciplinas arquitetônica e estrutural.  
O pilar intercepta a cobertura da varanda.**



**Figura 27 - Identificação do erro entre as disciplinas arquitetônica e elétrica. Caixa de tomada coincide com parede de cobogó.**



**Figura 28 - Identificação do erro entre as disciplinas estrutural e hidrossanitária. Tubo sanitário coincide com armadura estrutural.**

## 5 CONCLUSÃO

Com o trabalho em questão foi possível identificar a praticidade no uso do BIM, bem como um grande número de incompatibilidades entre as diversas disciplinas de projetos quando são elaboradas separadamente. Ao fazer a compatibilização, a autora detectou 3920 interferências. Devido ao uso de softwares BIM, essas incompatibilidades puderam ser resolvidas na fase de projetos, evitando o transtorno em canteiro de obras.

Além da compatibilização, o uso de BIM permitiu uma melhor visualização e entendimento do projeto como um todo, através das vistas, cortes e desenhos em 3D criados de forma automática. Essa capacidade de automatizar desenhos diminuiu a chance de erros por projeção, por exemplo: o corte reproduz exatamente o desenho da planta baixa, pois ambos são visualizações de um único modelo. Essa automatização também tornou o processo mais ágil ao evitar a necessidade de elaboração de certos desenhos e/ou refazer outros. Com toda essa facilidade, podemos dizer que o BIM nos fornece uma grande economia e rapidez no processo de projeto, assim como evita surpresas e retrabalho no canteiro de obras.

O BIM nos traz diversas vantagens, mas também demanda uma visão global da obra - o projetista deve projetar como se estivesse realmente construindo a edificação. Assim, detalhes que normalmente eram deixados para serem resolvidos na obra precisam ser resolvidos diante da tela do computador, como posição de cano para obedecer inclinação, possível interferência entre pilares e esquadrias, dentre outros. Por outro lado, essa característica faz com que o cálculo dos quantitativos da obra sejam feitos automaticamente, poupando tempo e evitando erros para o orçamentista. Além disso, o uso do 3D permite analisar o projeto de diferentes ângulos, facilitando encontrar erros e corrigi-los.

Apesar de ainda ser grande a deficiência do uso do BIM no país, cada dia mais profissionais aderem a essa prática, fazendo com que haja uma maior procura. Empresas se especializam em fornecer tanto projeto em BIM quanto produtos para alimentar os softwares, como é o caso das famílias. Nesse cenário, o ensino do BIM nas universidades poderá ser um catalisador da sua disseminação nas disciplinas de

projeto. Dessa forma, pouco a pouco o BIM vai dominando o mercado ao contribuir para a diminuição do custo, aumento da produtividade e melhora da qualidade do setor da construção civil.

## REFERÊNCIAS

ADDOR, M. R. A.; CASTANHO, M. D. D. A. **Colocando o "i" no BIM**. Universidade São Judas Tadeu - USJT. São Paulo - SP. 2010.

AYRES, M. Tecnologia 3D promete agilizar projetos de construção e reduzir custos. **Gazeta do Povo**, 2013. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/economia/tecnologia-3d-promete-agilizar-projetos-de-construcao-e-reduzir-custos-cip348s7i2rh1taumzkcesqj2>>. Acesso em: 07 Julho 2018.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo BIM**. 1ª. ed. Curitiba: [s.n.], v. 1, 2015.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. UFSCar. [S.I.]. 2008.

COUTO, J. P. . & C. A. B. **Importância da revisão dos projetos na redução dos custos de manutenção das construções**. Universidade de Coimbra. Coimbra. 2007.

CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre. 2007.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM - Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, contrutores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FARIA, R. Construção integrada. **Revista Técnica**, p. 7, 2007.

FREITAS, J. G. A. **Metodologia BIM: uma nova abordagem, uma nova esperança**. CCCEE - Centro de Competências de Ciências Exatas e da Engenharia - Universidade da Madeira. Funchal - Portugal. 2014.

GESTERMAYER, B. et al. **BIM: Melhorias na integração de projetos na Engenharia Civil**. UNIFAAT. Atibaia, p. 62. 2018.

GIANACCINI, T. O Surgimento do AutoCAD e Sua Importância para a Indústria. **CADguru**, 2012. Disponível em: <<http://cad.cursosguru.com.br/novidades/como-surgiu-autocad-qual-sua-importancia/>>. Acesso em: 07 julho 2018.

GONÇALVES, F. Mais Engenharia. **Alto Qi**, 2019. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/os-processos-de-compatibilizacao-de-projetos-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 01 maio 2019.

GONÇALVES, F. Mais Engenharia. **Alto Qi**, 2019. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/compatibilizacao-de-projetos-com-bim/>>. Acesso em: 01 maio 2019.

GOVERNO. Legislação Informatizada - DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018 - Publicação Original. **Câmara dos Deputados**, 2018. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9377-17-maio-2018-786731-publicacaooriginal-155623-pe.html>>. Acesso em: 05 julho 2018.

MENEZES, G. L. B. B. D. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Maio 2011.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, C. E. E. S. BIM BR Construção inteligente. **Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços**. Disponível em: <[http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/Livreto\\_Estrat%C3%A9gia\\_BIM\\_BR\\_vers%C3%A3o\\_site\\_MDIC.pdf](http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/Livreto_Estrat%C3%A9gia_BIM_BR_vers%C3%A3o_site_MDIC.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2019.

ROSSO, S. M. Softwares BIM: conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos. **aU**, n. 208, Julho 2011.

RUSCHEL, R. C. **To BIM or not to BIM?** III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, p. 15. 2014.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. D.; MORAIS, M. D. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, abril/junho 2013. 151-165.

SAEPRO. O conceito BIM (Building Information Model). **SAEPRO - Sistema Avançado para Estudos e Projetos Viários**, 2013. Disponível em:

<<https://www.ufrgs.br/saeapro/saeapro-2/conheca-o-projeto/o-conceito-bim-building-information-model/>>. Acesso em: 15 julho 2018.

SANTOS, M. B. D. **Análise quanto à adoção de softwares BIM pelas empresa de construção civil na cidade de Aracaju/Sergipe**. Universidade Federal de Sergipe – UFS. São Cristóvão - SE, p. 55. 2018.

SEBRAE. Inovação na construção civil: BIM. **SEBRAE Mercados**, 2014. Disponível em: <[http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/12/2014\\_04\\_07\\_RT\\_Dez\\_ConstCivil\\_BIM\\_pdf.pdf](http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/12/2014_04_07_RT_Dez_ConstCivil_BIM_pdf.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2019.

SINAECO. Governo estabelece metas e prazos para implementação do BIM. **Sinaenco**, 2018. Disponível em: <<http://sinaenco.com.br/noticias/governo-estabelece-metas-e-prazos-para-implementacao-do-bim/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

ZIMERMANN, M. C. Softwares BIM: veja quais são as plataformas disponíveis no mercado. **Mais engenharia**, 2019. Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/softwares-bim-veja-quais-sao-as-plataformas-disponiveis-no-mercado/>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

# ANEXO A – PROJETO-BASE

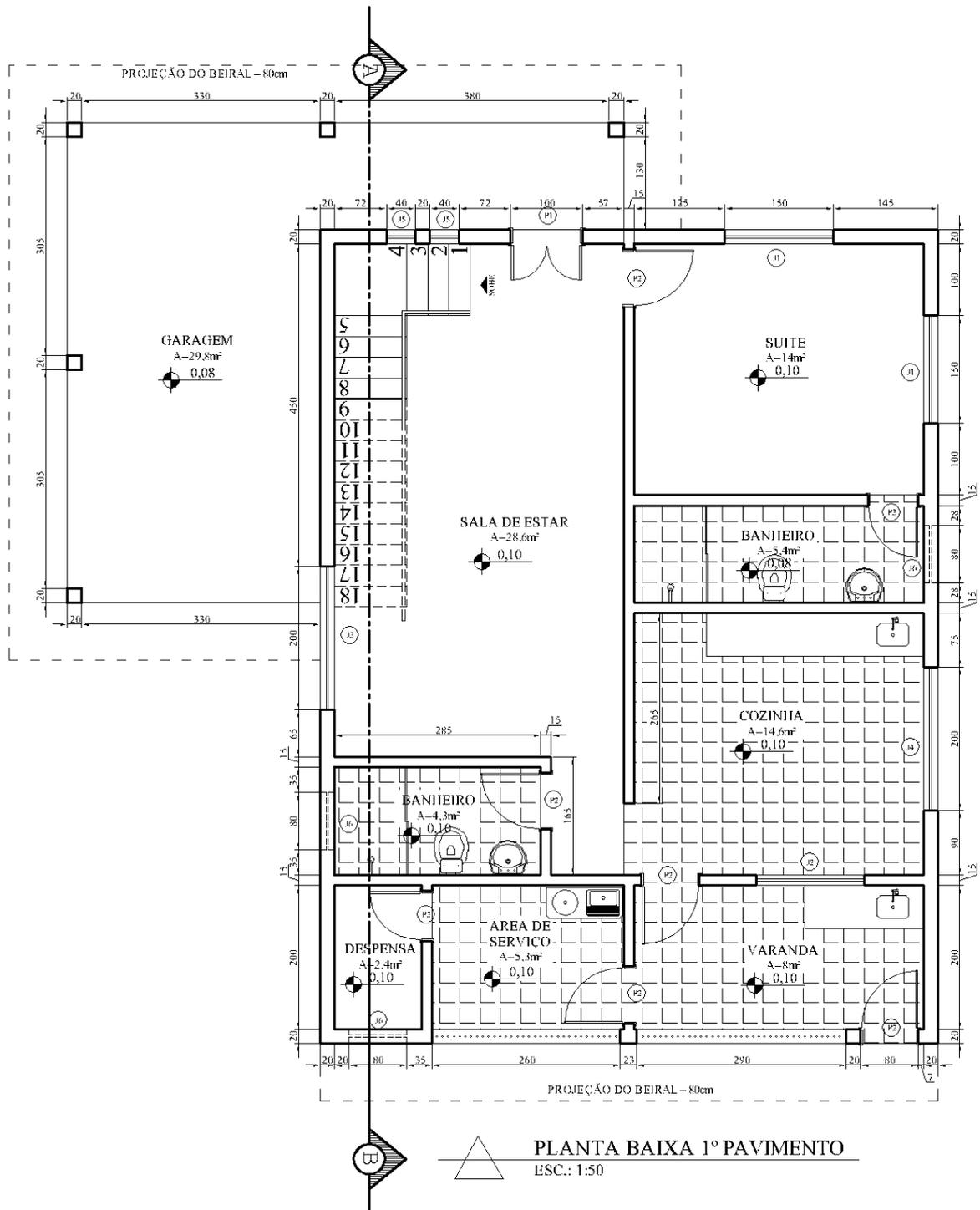


Figura 29 - Planta baixa do pavimento 1.

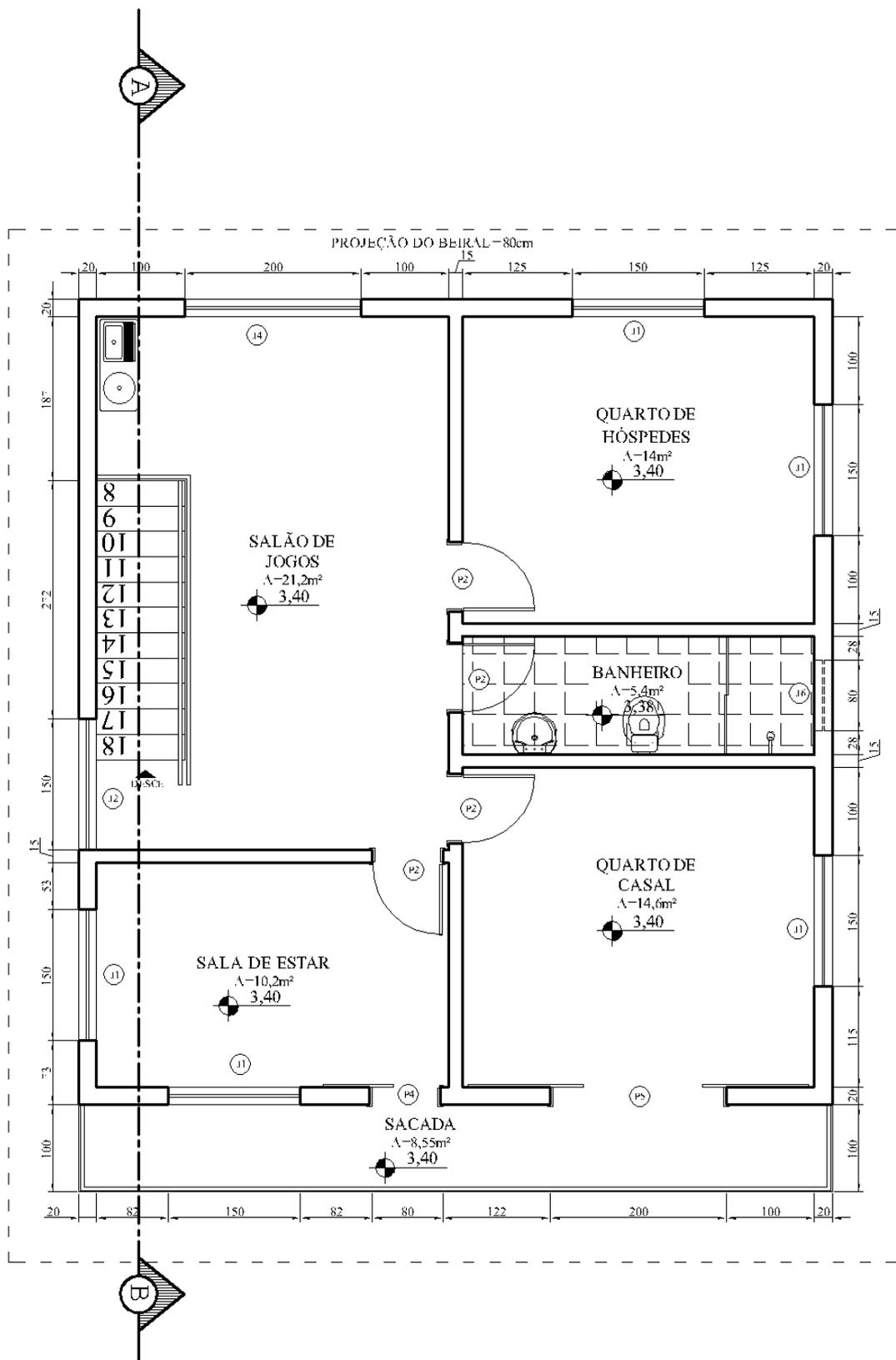
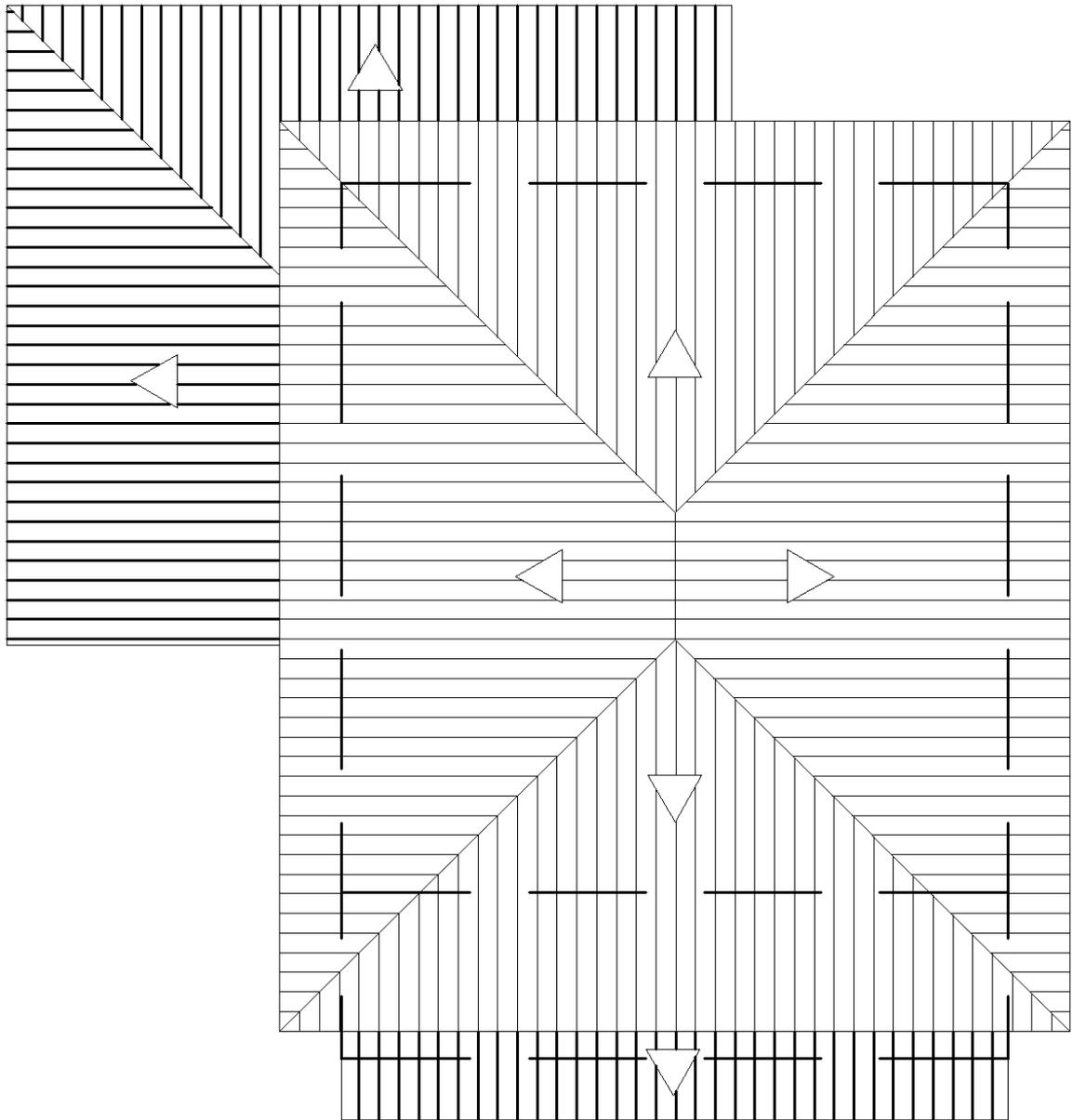
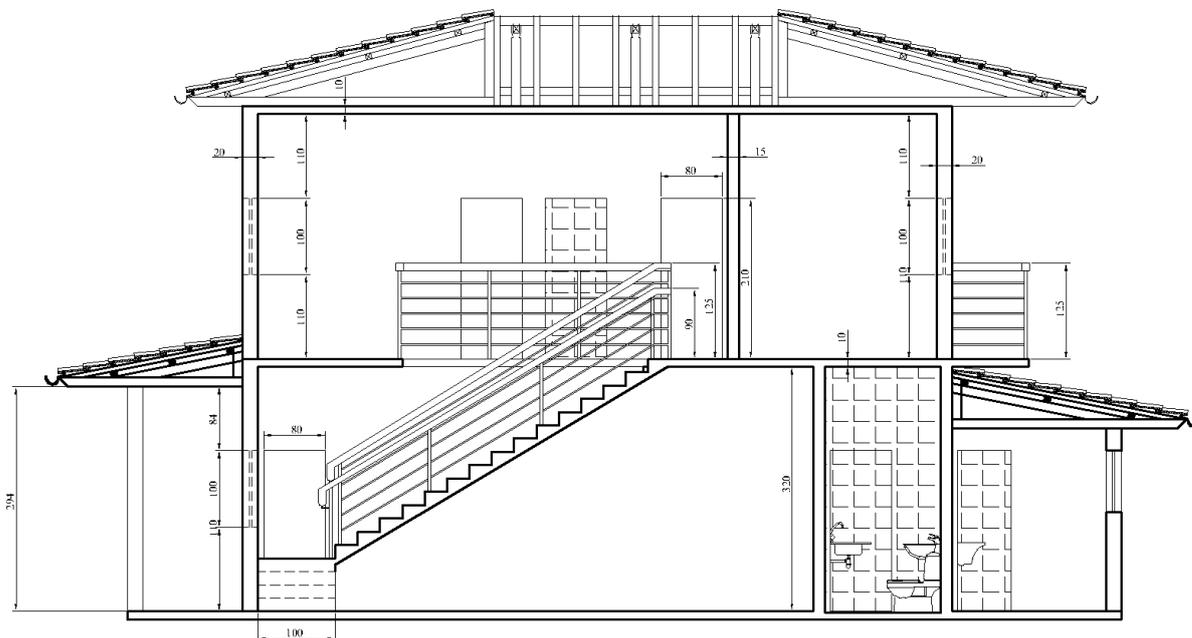


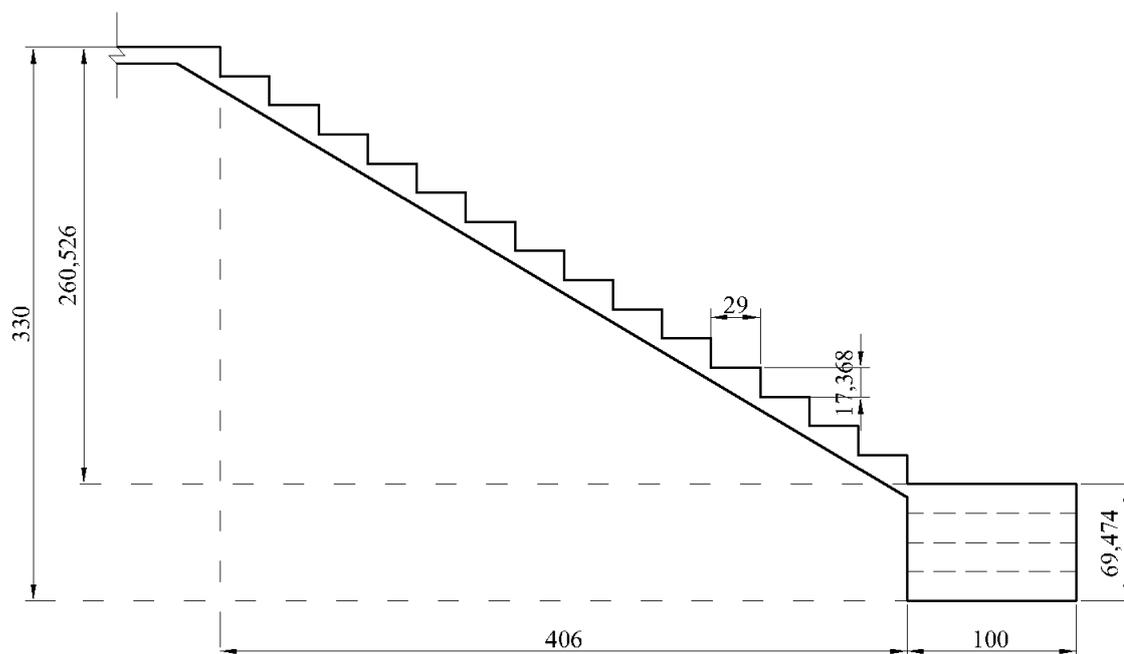
Figura 30 - Planta baixa do pavimento 2.



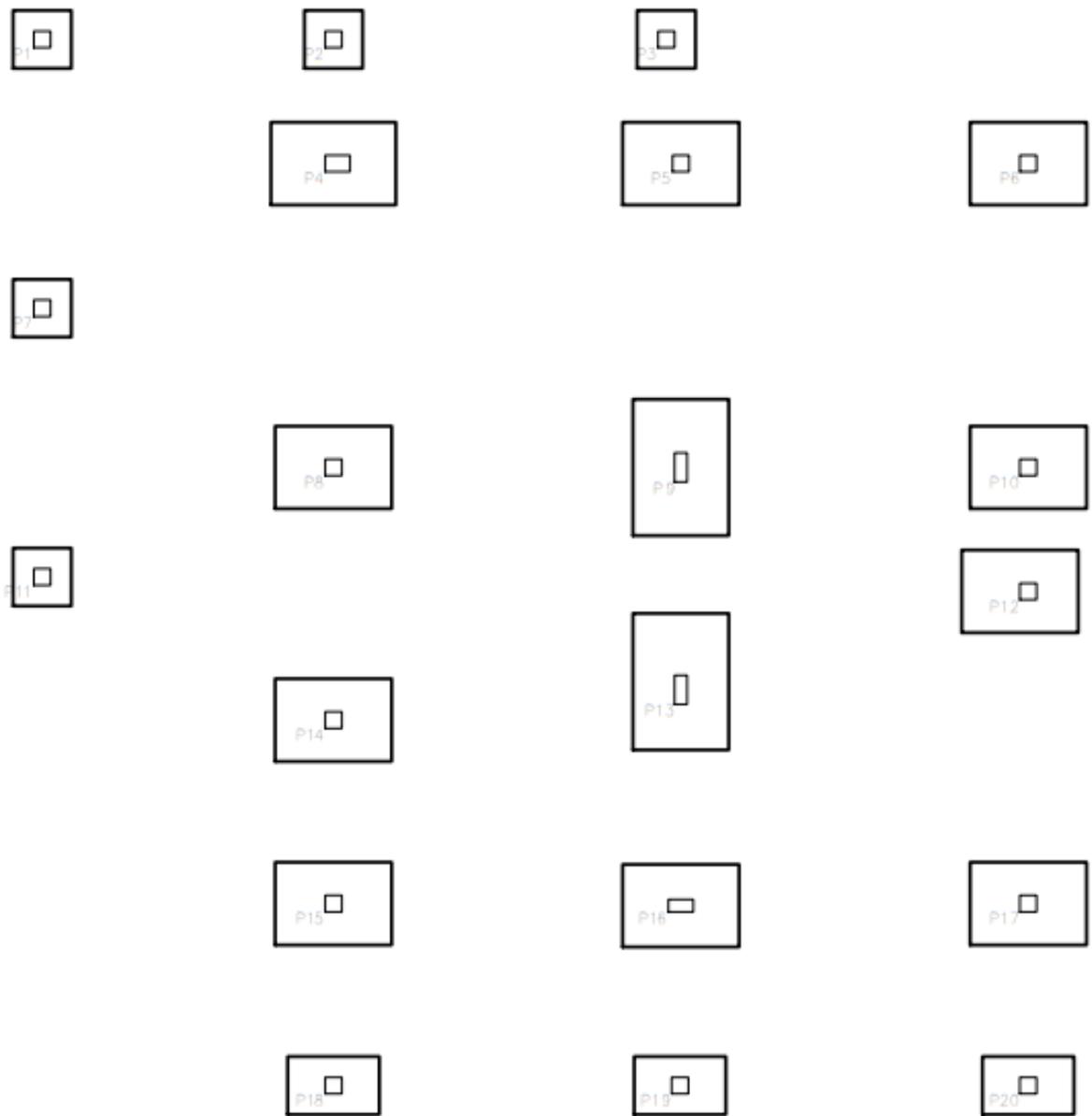
**Figura 31- Planta de cobertura.**



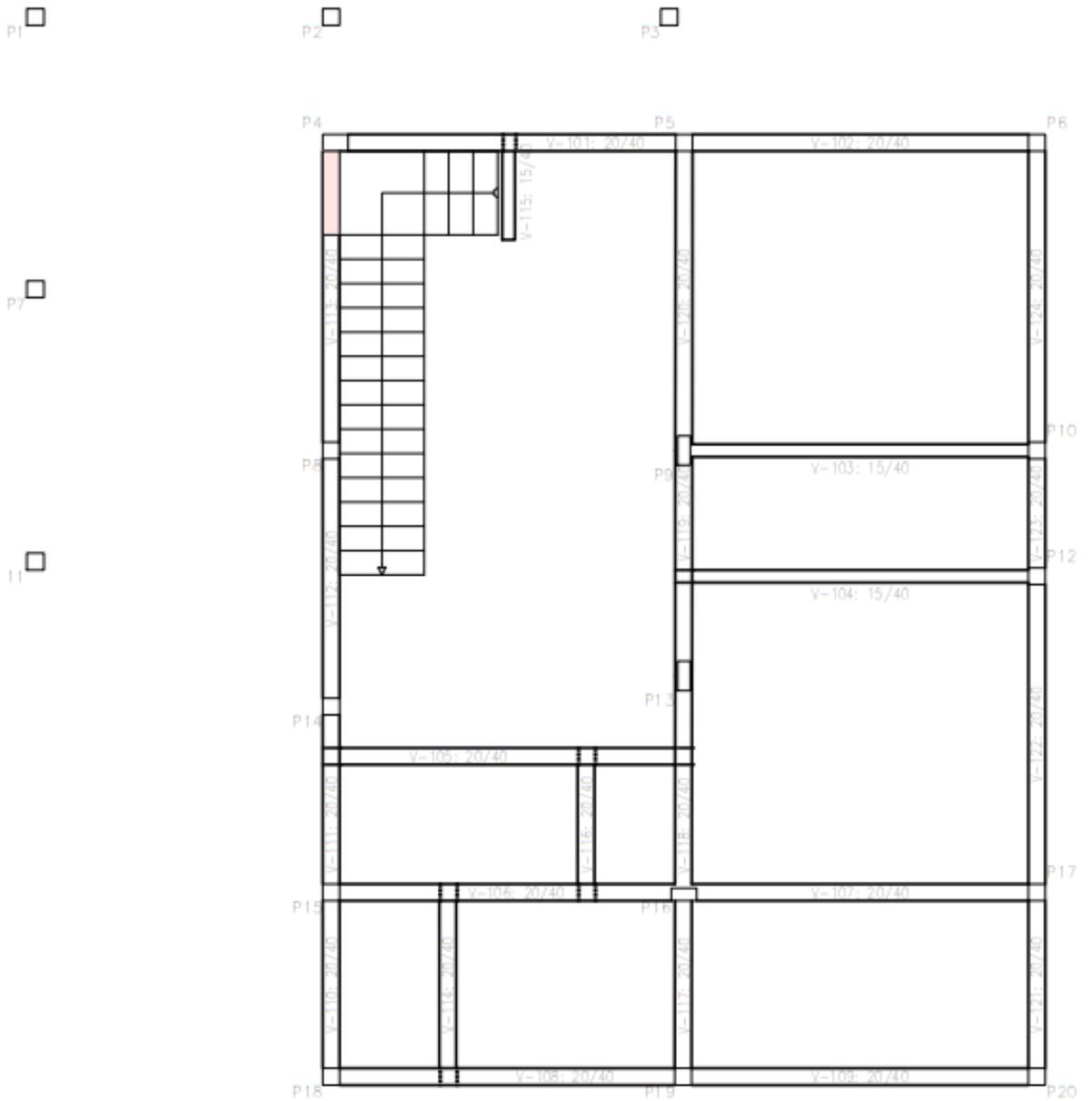
**Figura 32 – Corte AB.**



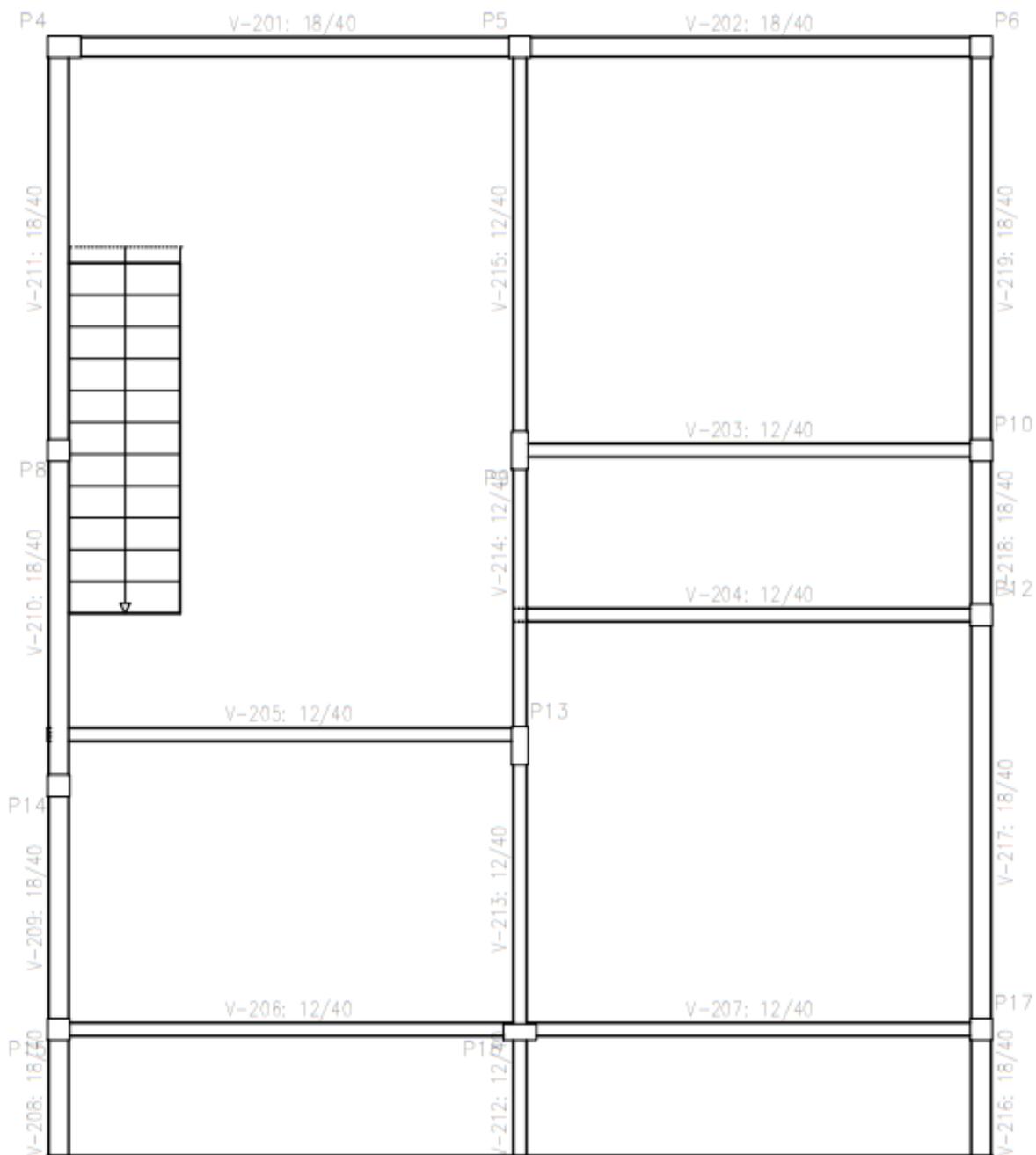
**Figura 33 – Detalhe da escada.**



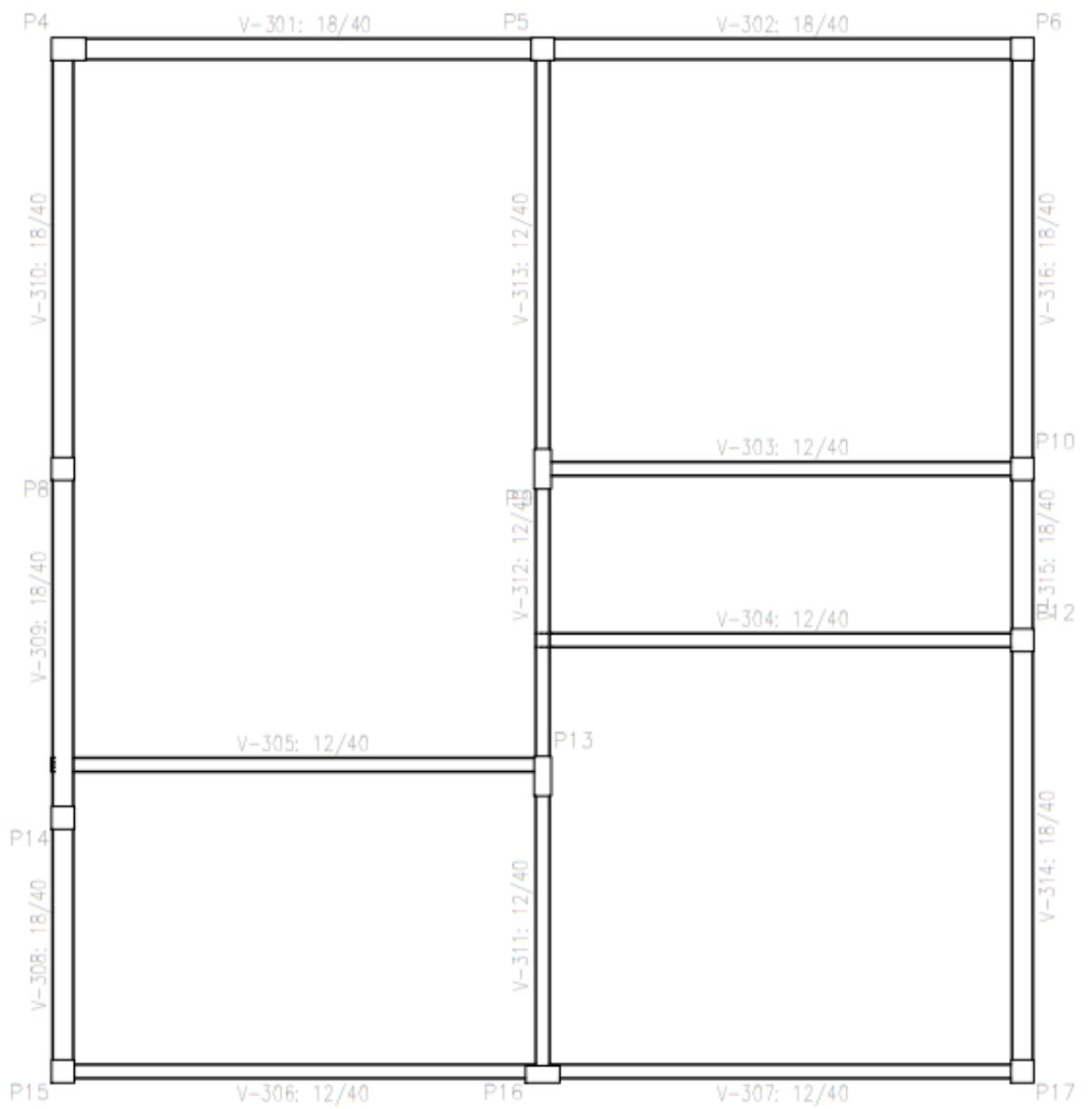
**Figura 34 – Locação das sapatas**



**Figura 35 - Vigas e pilares do piso 1.**



**Figura 37 – Vigas e pilares do piso 2.**



**Figura 38 – Vigas e pilares do piso 3.**

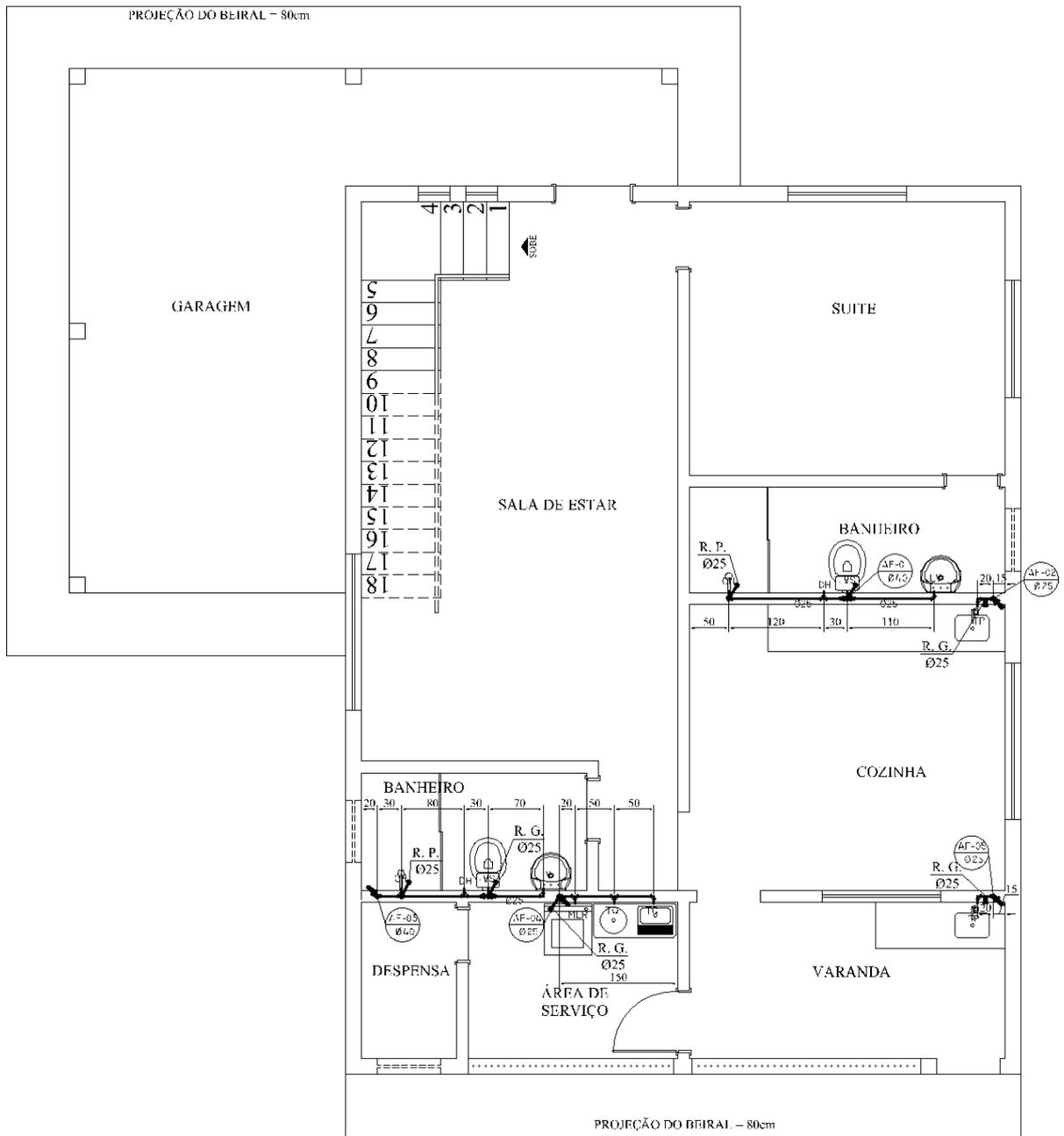
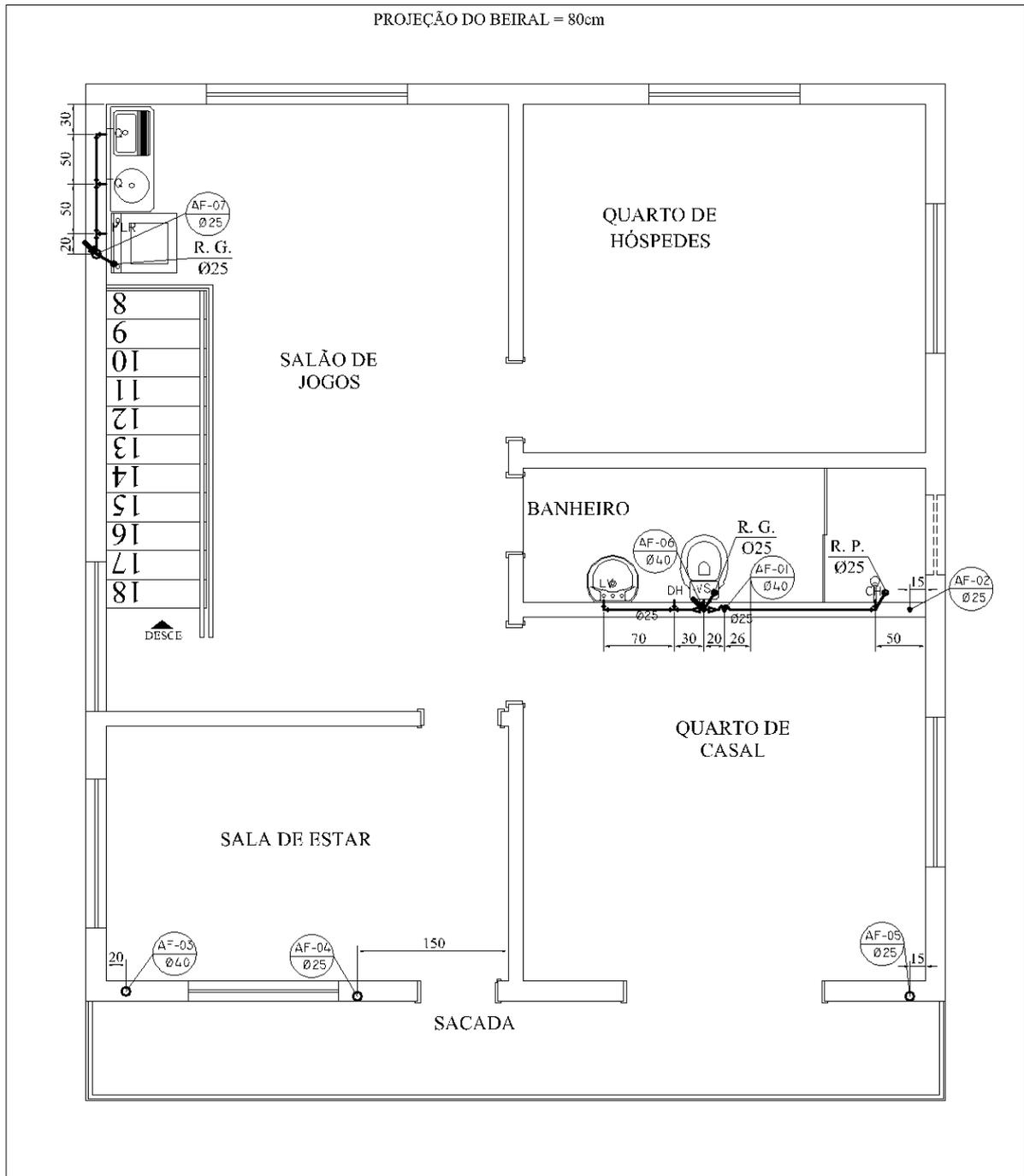
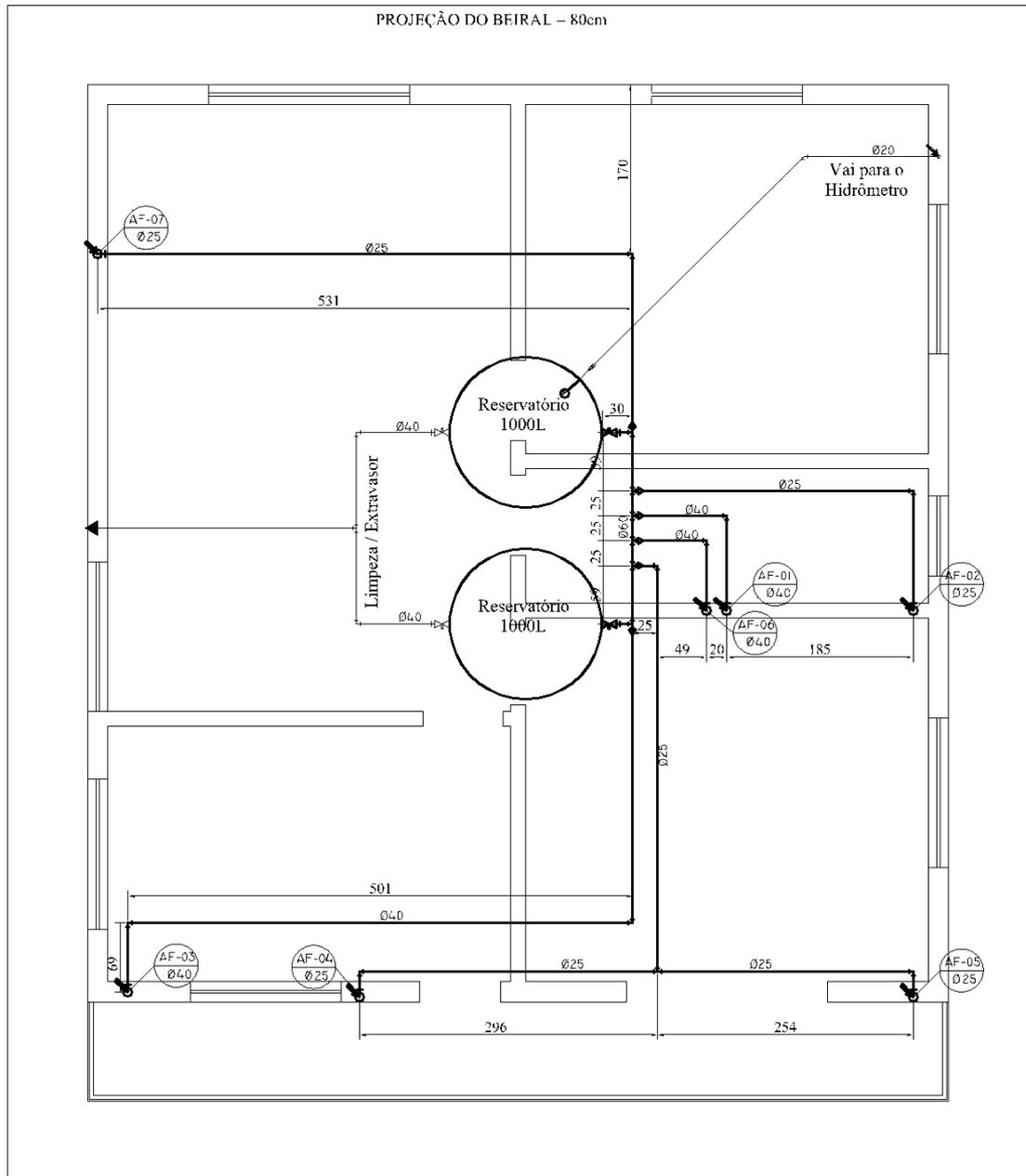


Figura 39 – Instalações hidráulicas do pavimento 1.



**Figura 40 – Instalações hidráulicas do pavimento 2.**



**Figura 41 – Instalações hidráulicas da planta de forno.**

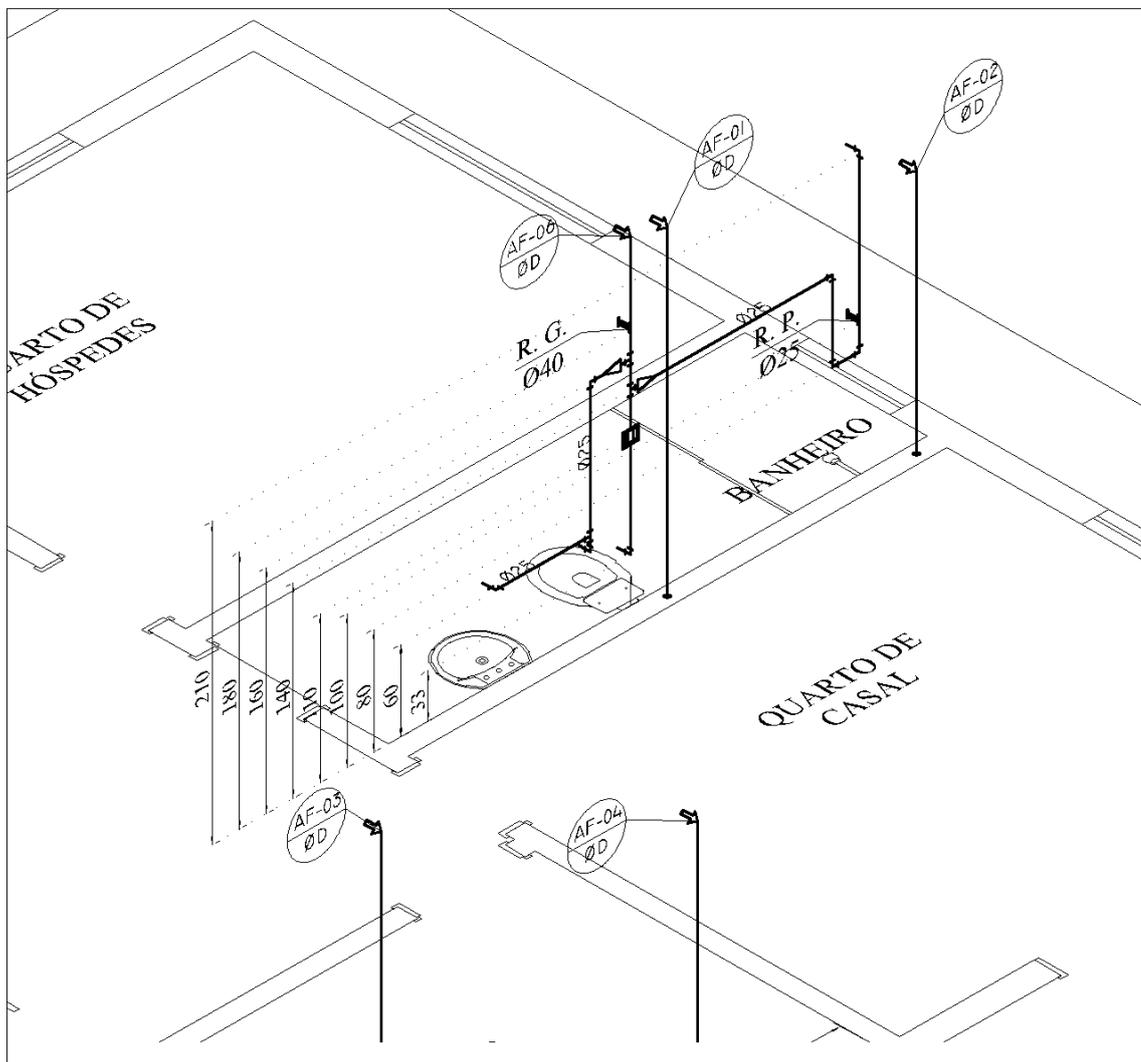


Figura 42 – Isométrico do banheiro do pavimento 2.

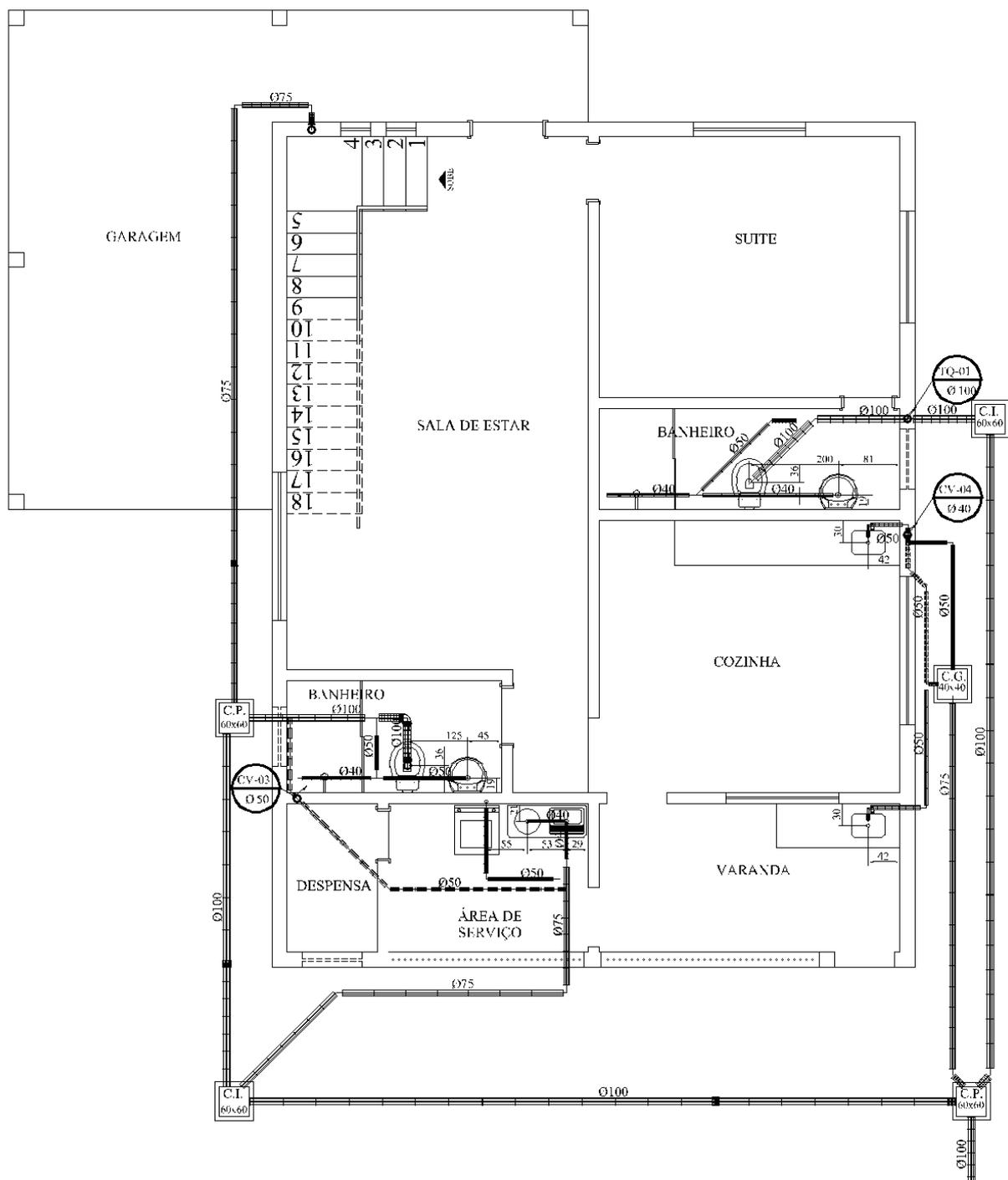
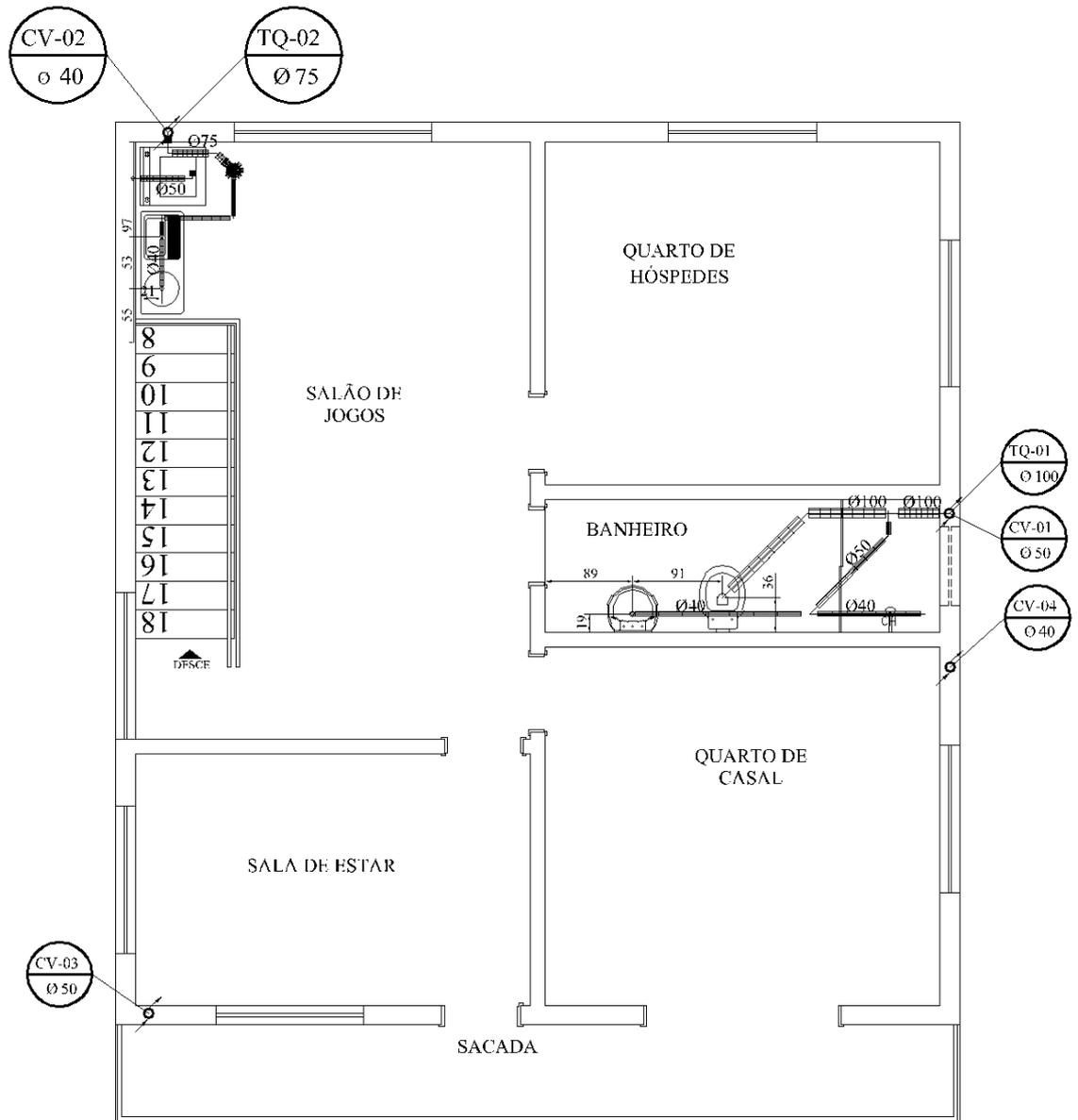


Figura 43 – Instalações sanitárias do pavimento 1.



**Figura 44 — Instalações sanitárias do pavimento 2.**

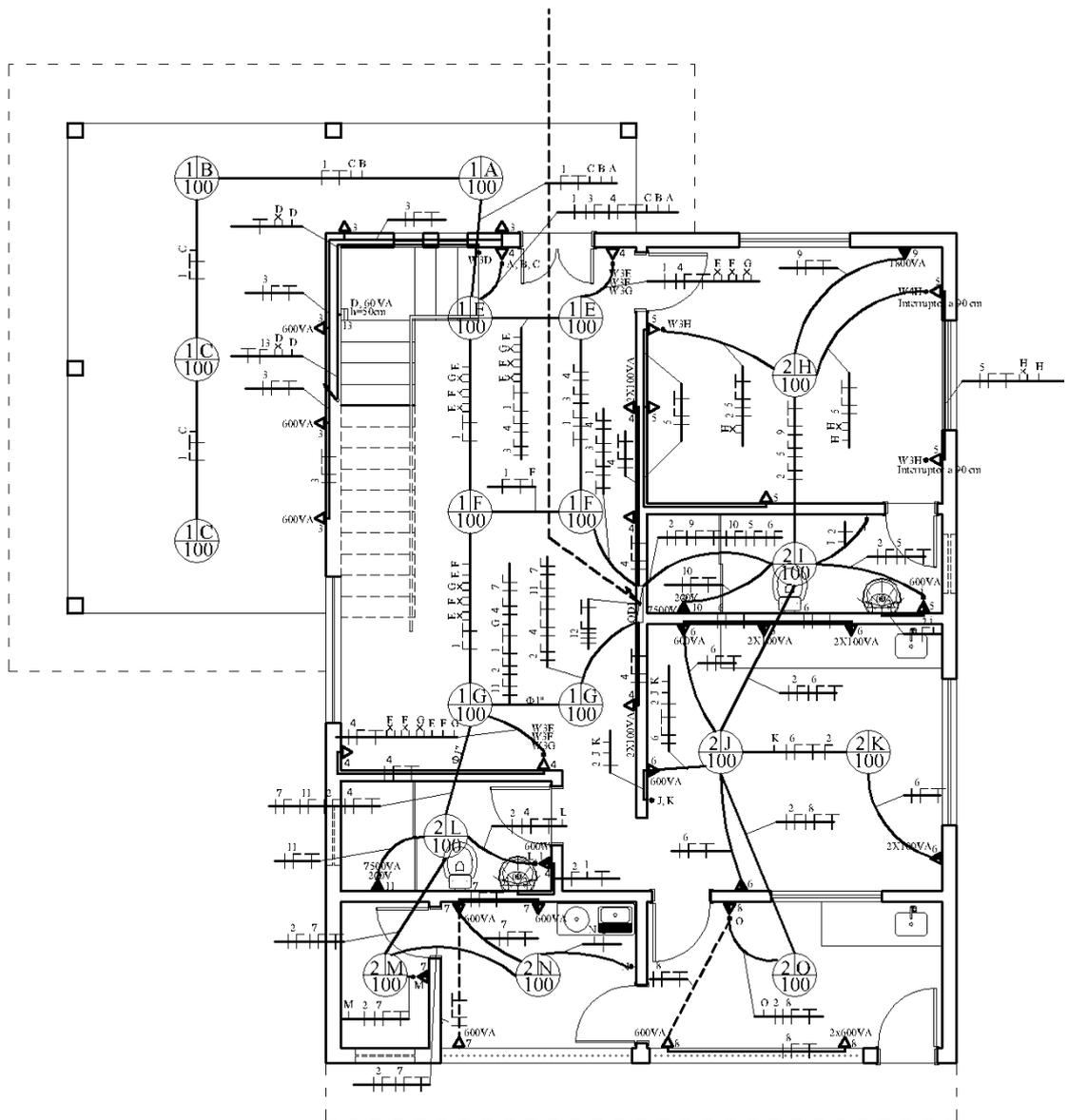


Figura 45 - Traçado da fiação do pavimento 1.

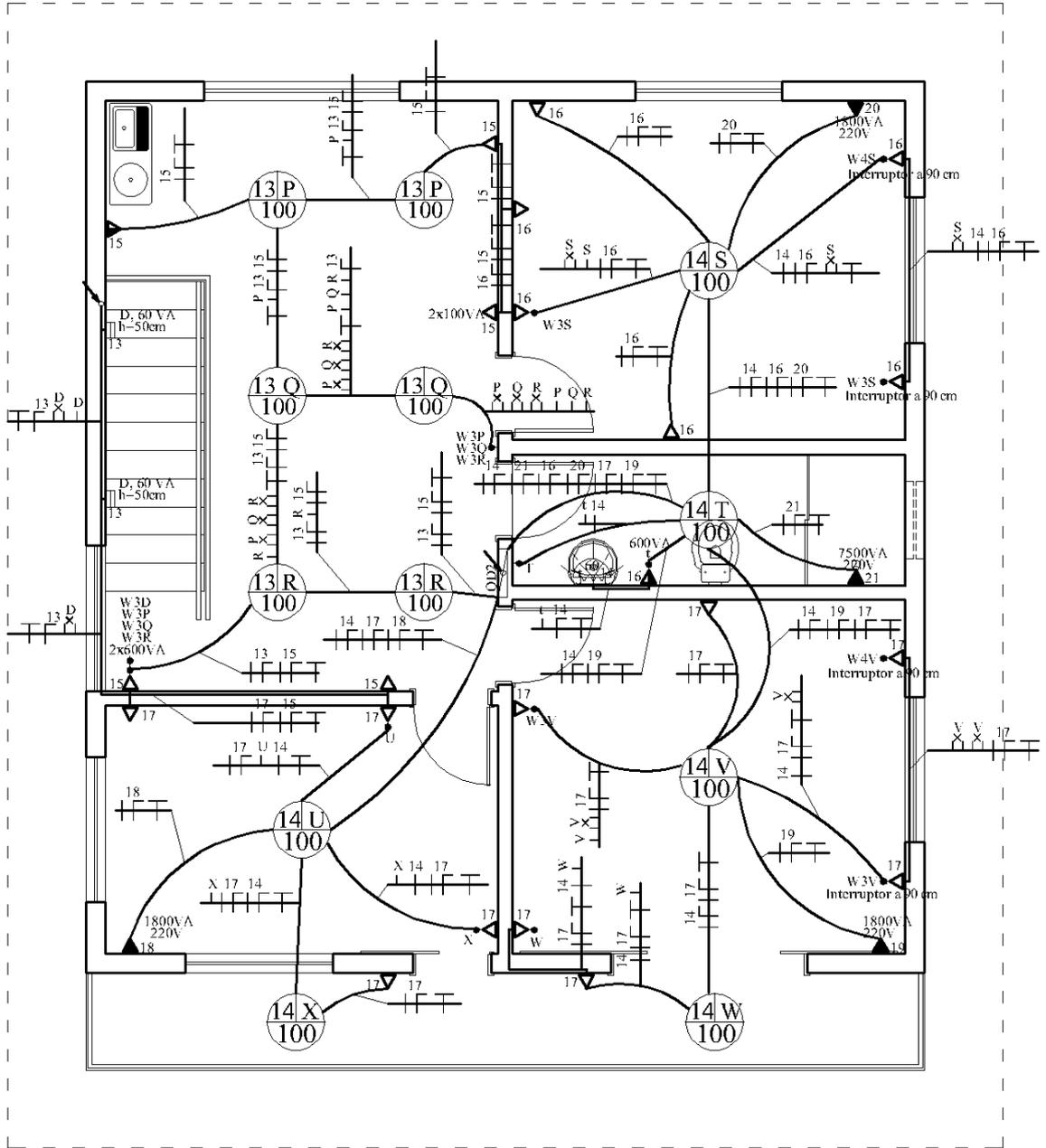


Figura 46 - Traçado da fiação do pavimento 2.





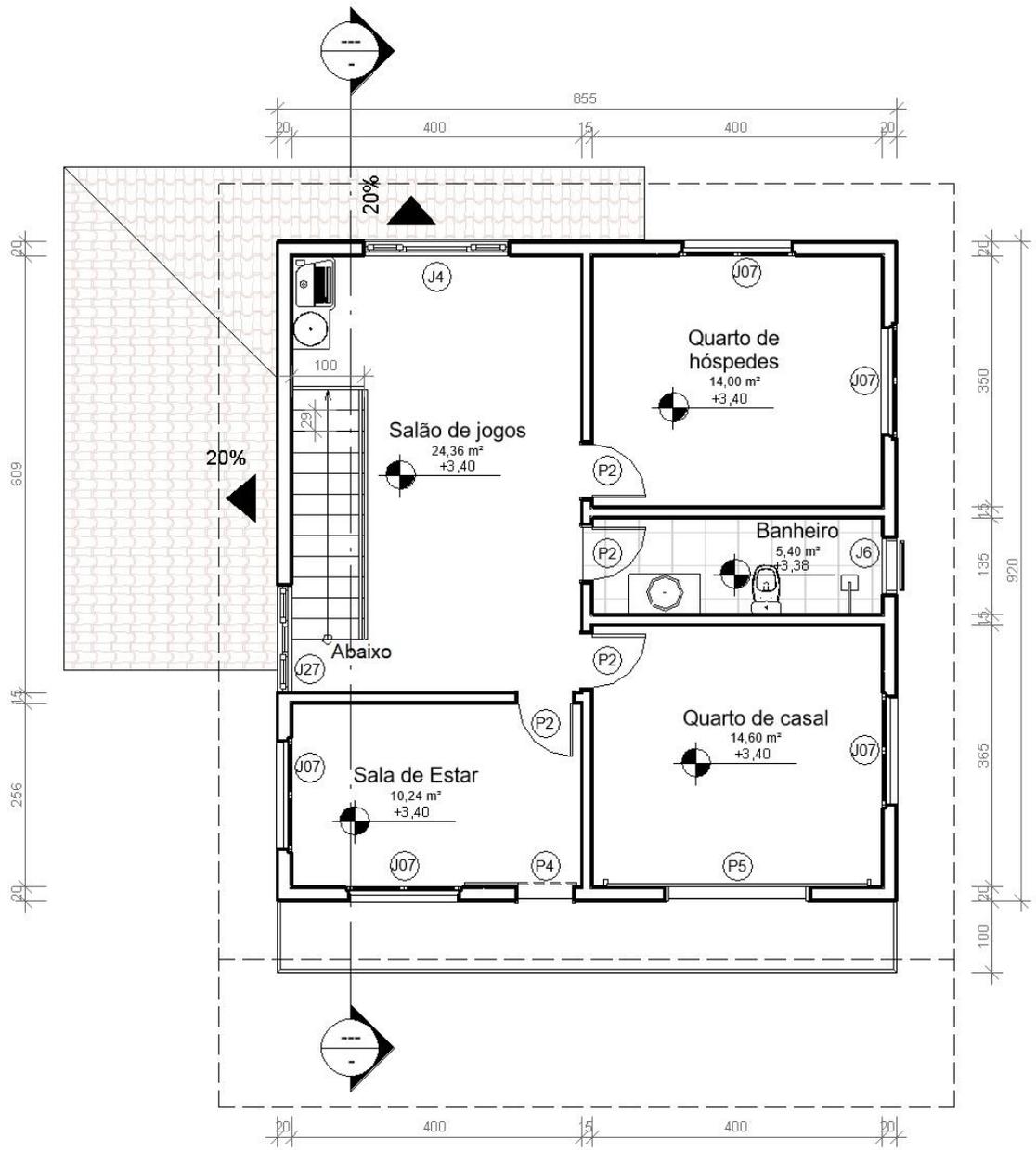
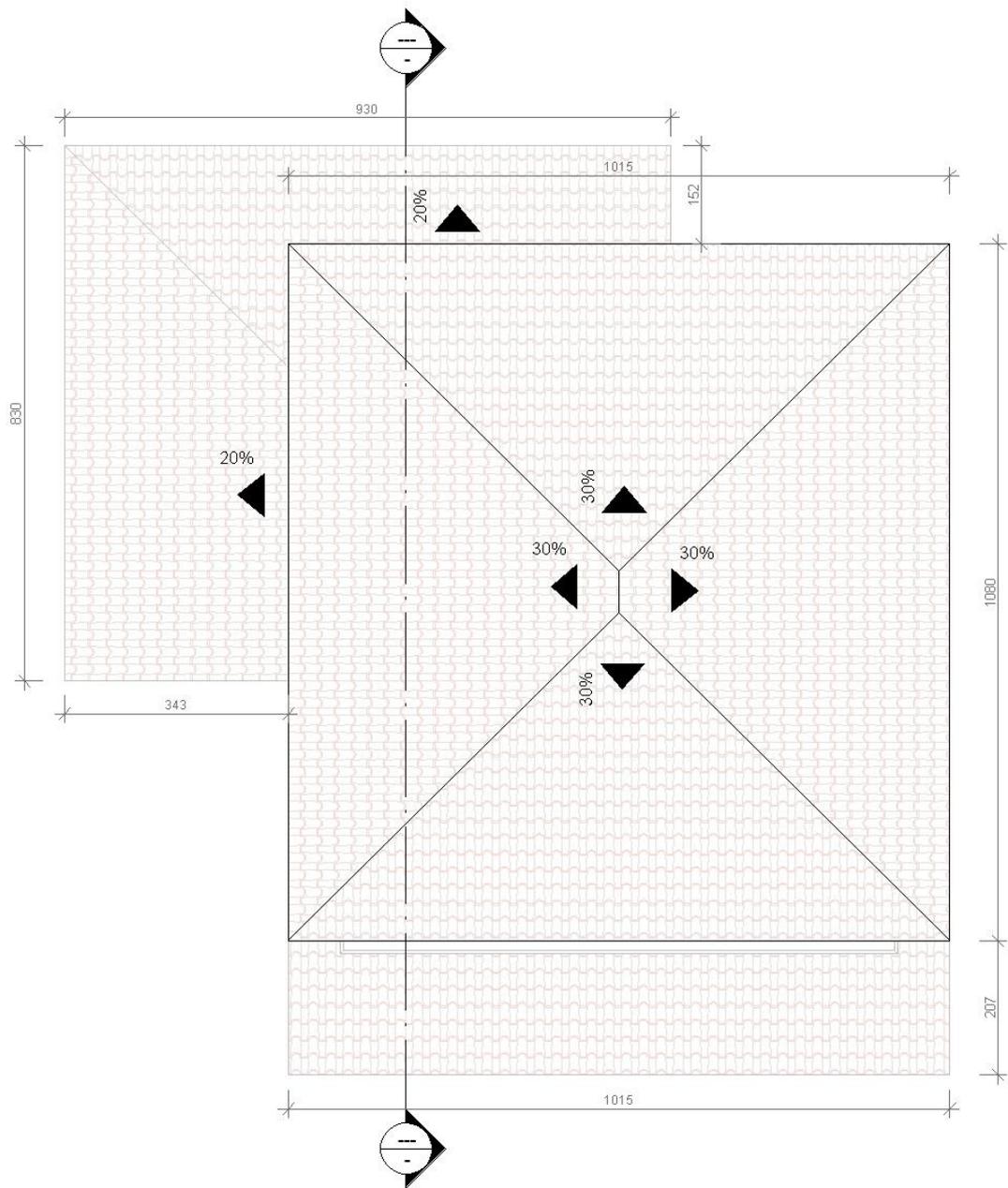


Figura 49 – Planta baixa do pavimento 2.



**Figura 50 – Planta de cobertura.**

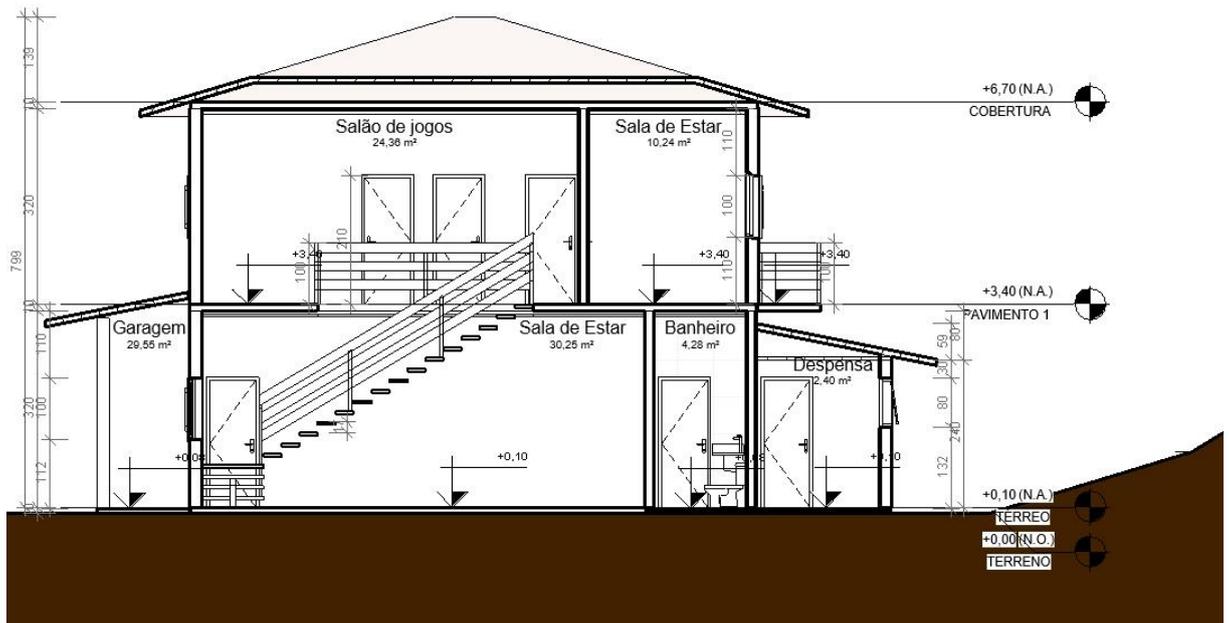


Figura 51 – Corte AB.

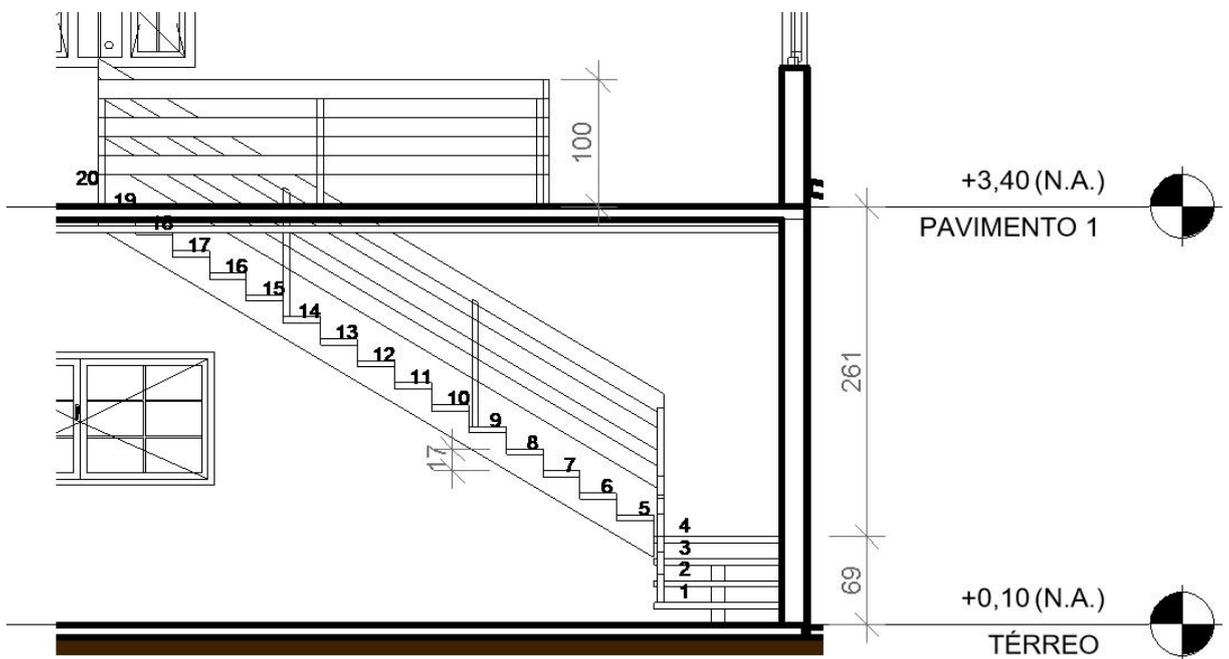
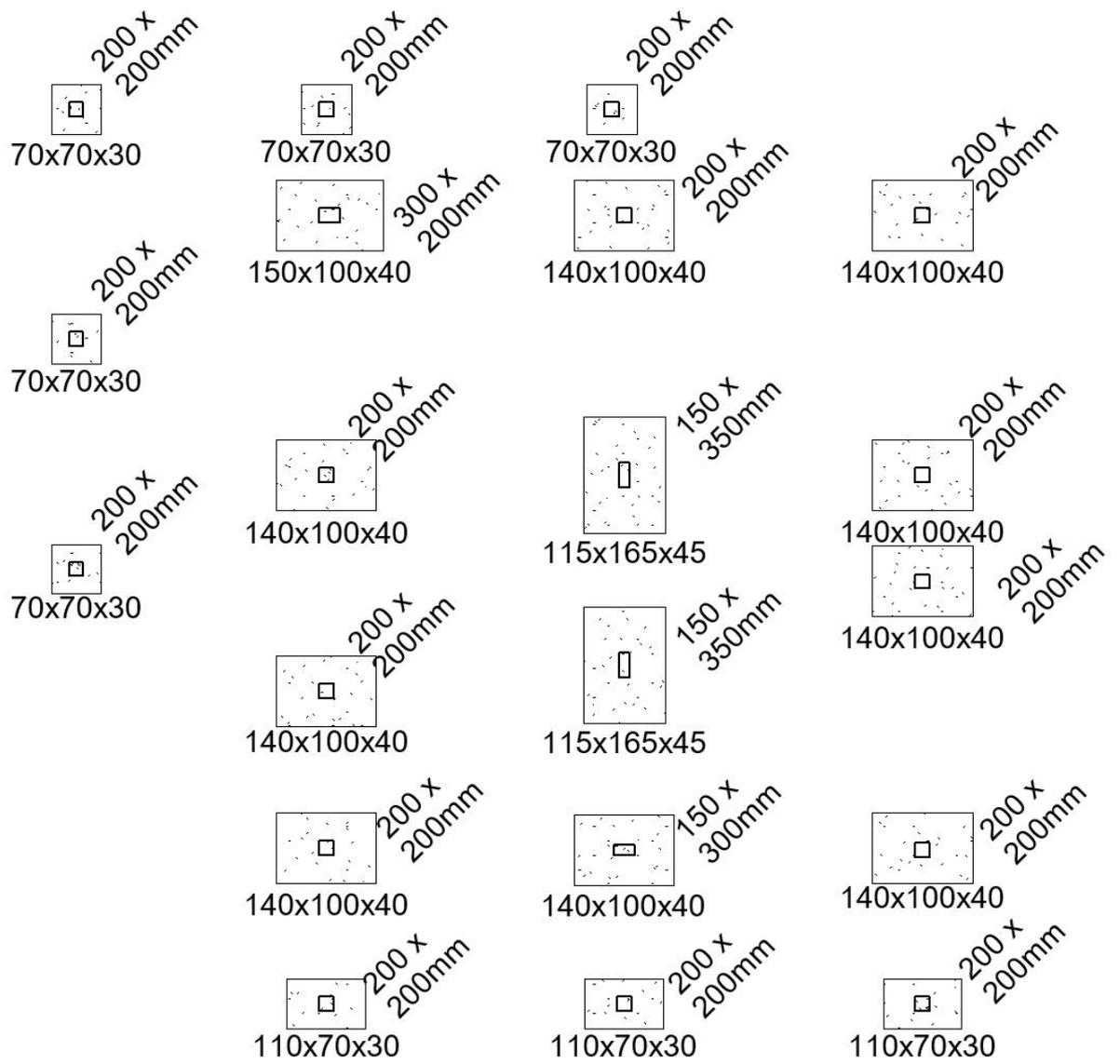
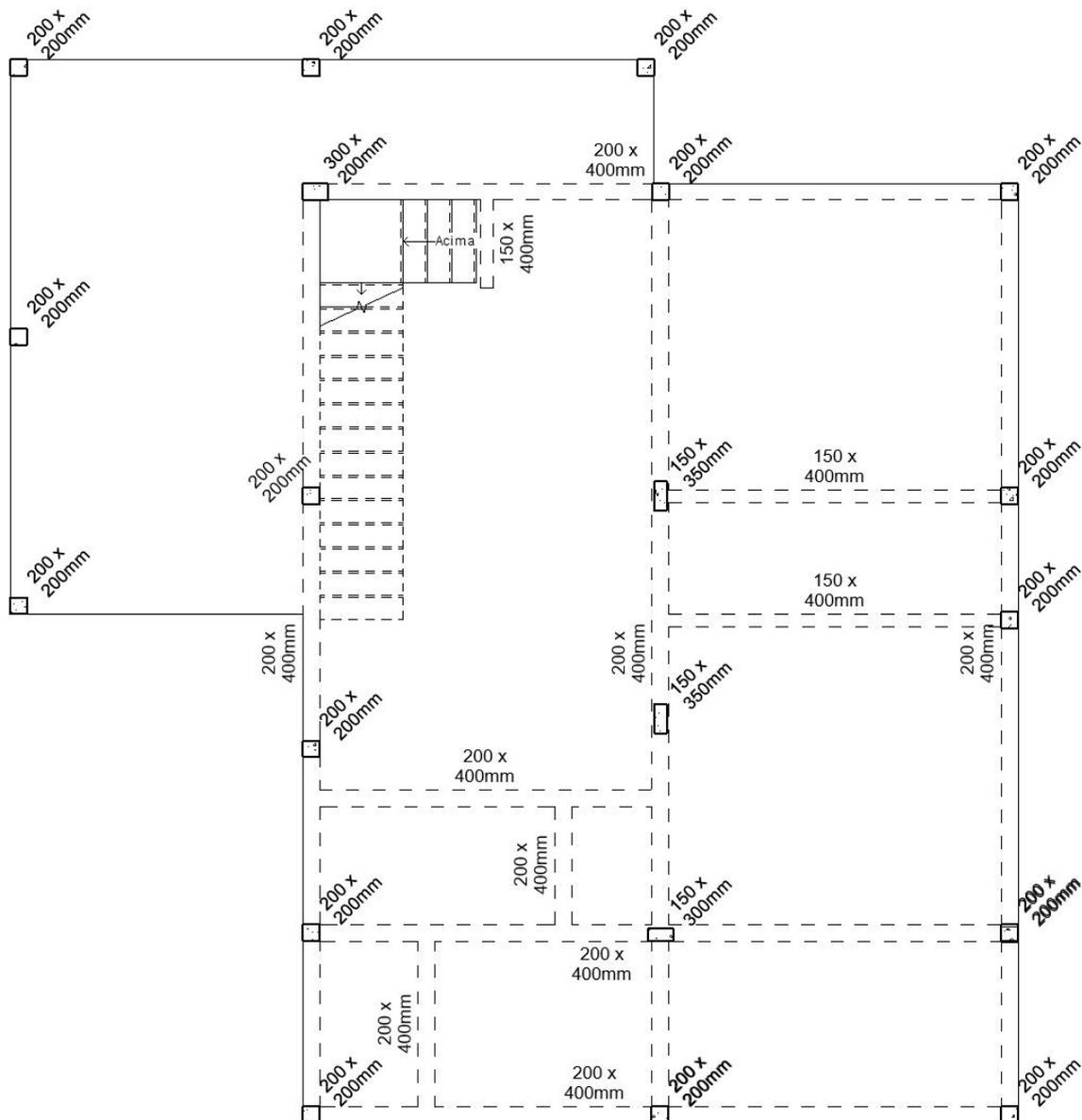


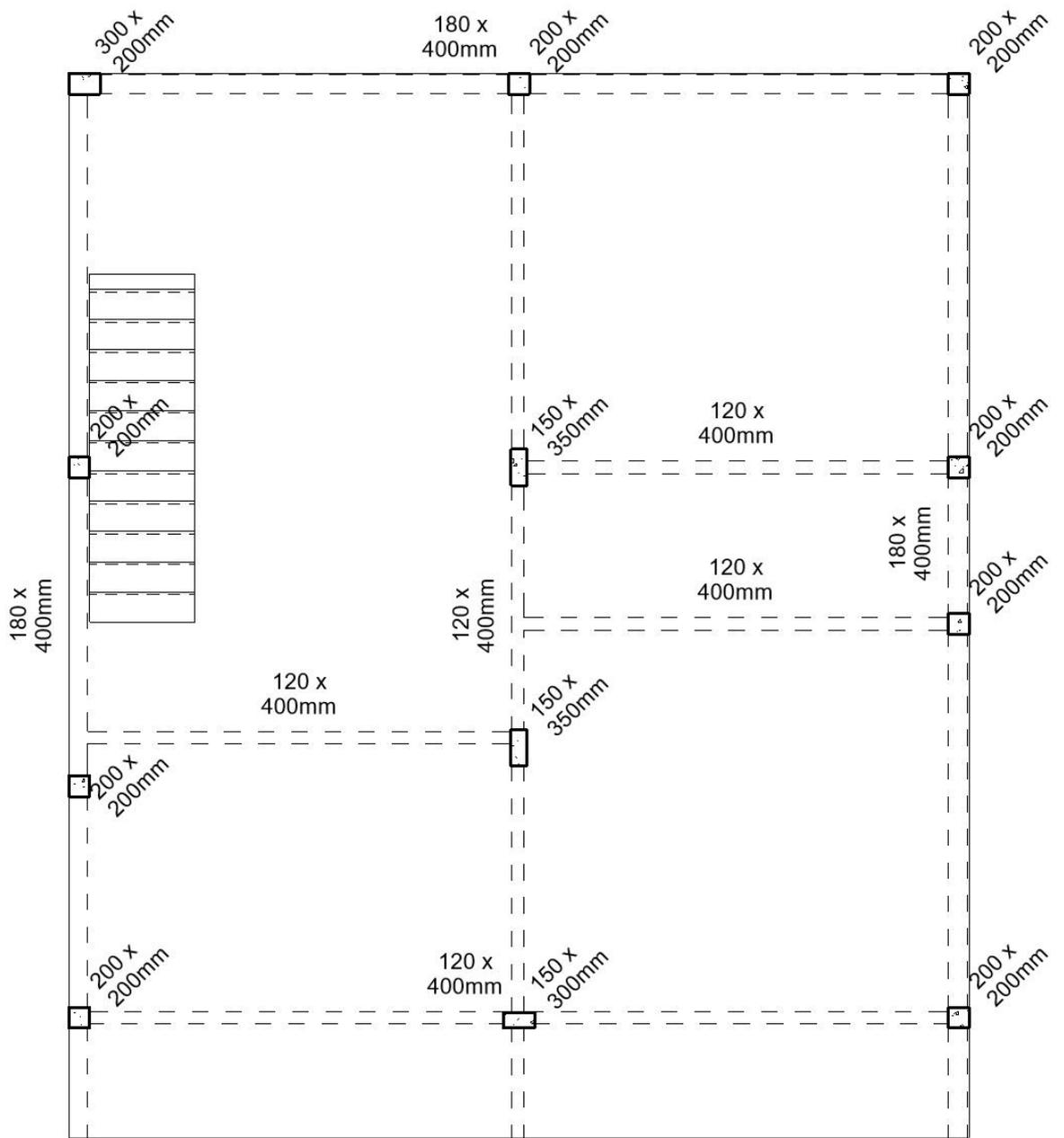
Figura 52 – Detalhe da escada.



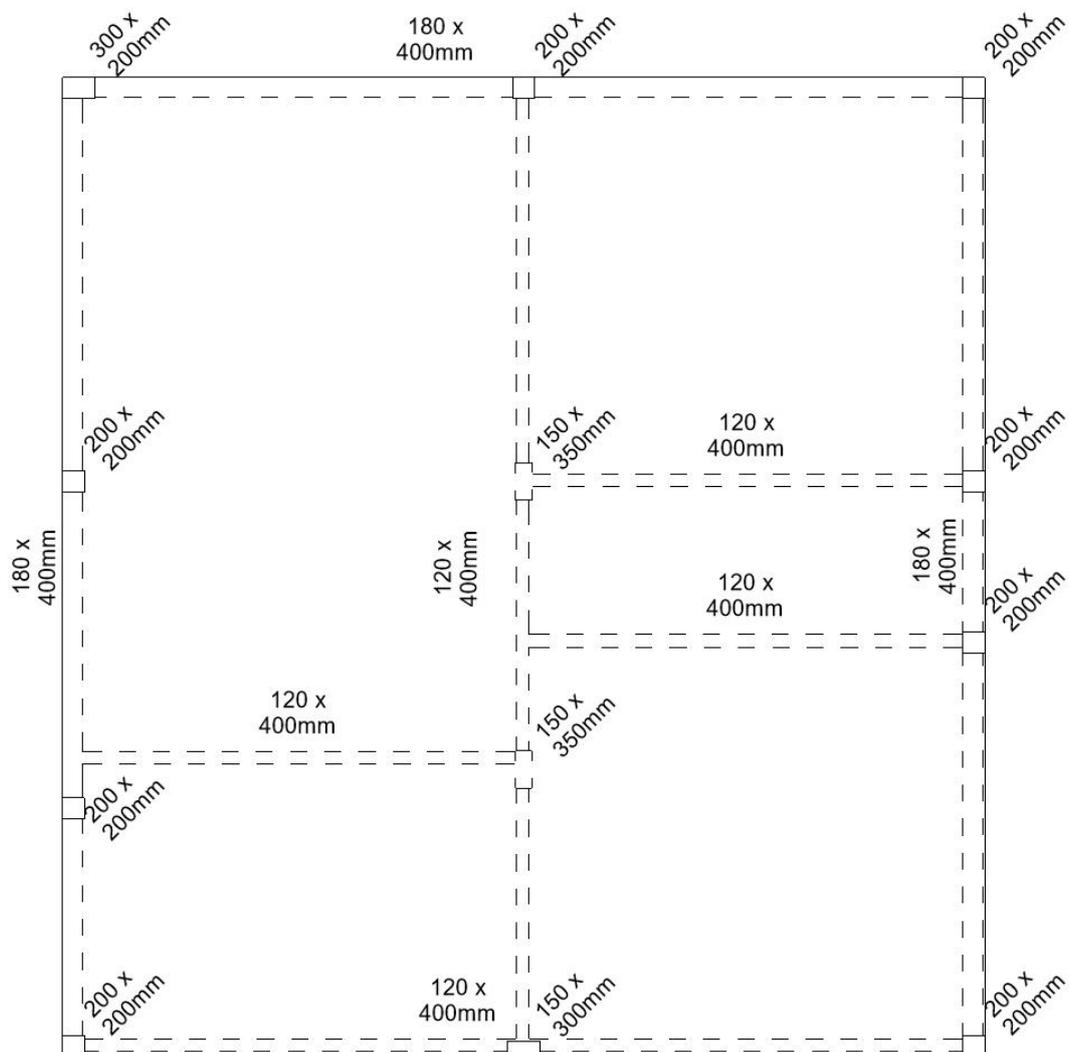
**Figura 53 – Locação das sapatas.**



**Figura 54 – Vigas e pilares do piso 1.**



**Figura 55 – Vigas e pilares do piso 2.**



**Figura 56 – Vigas e pilares do piso 3.**

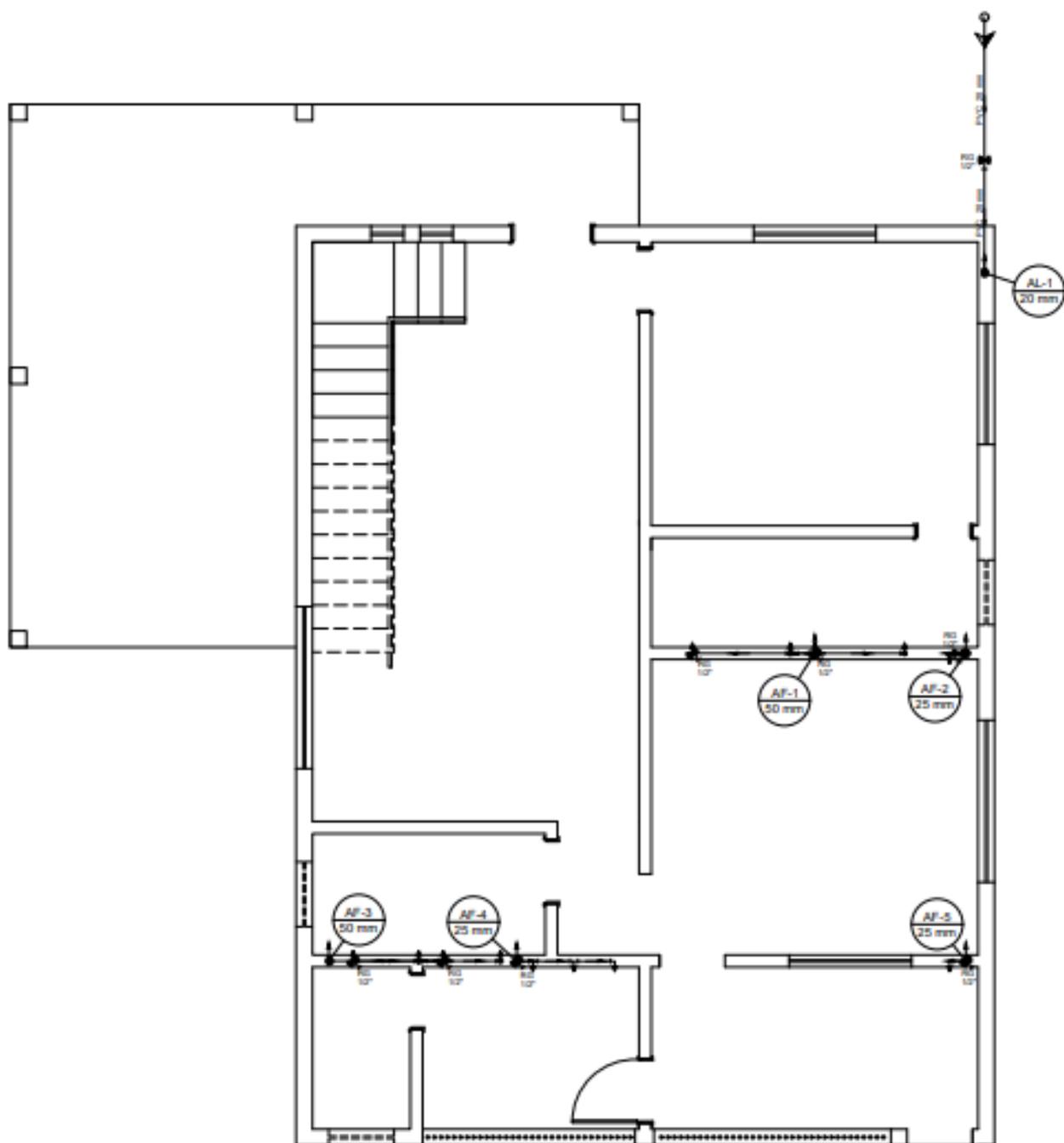


Figura 57 – Instalações hidráulicas do pavimento 1.

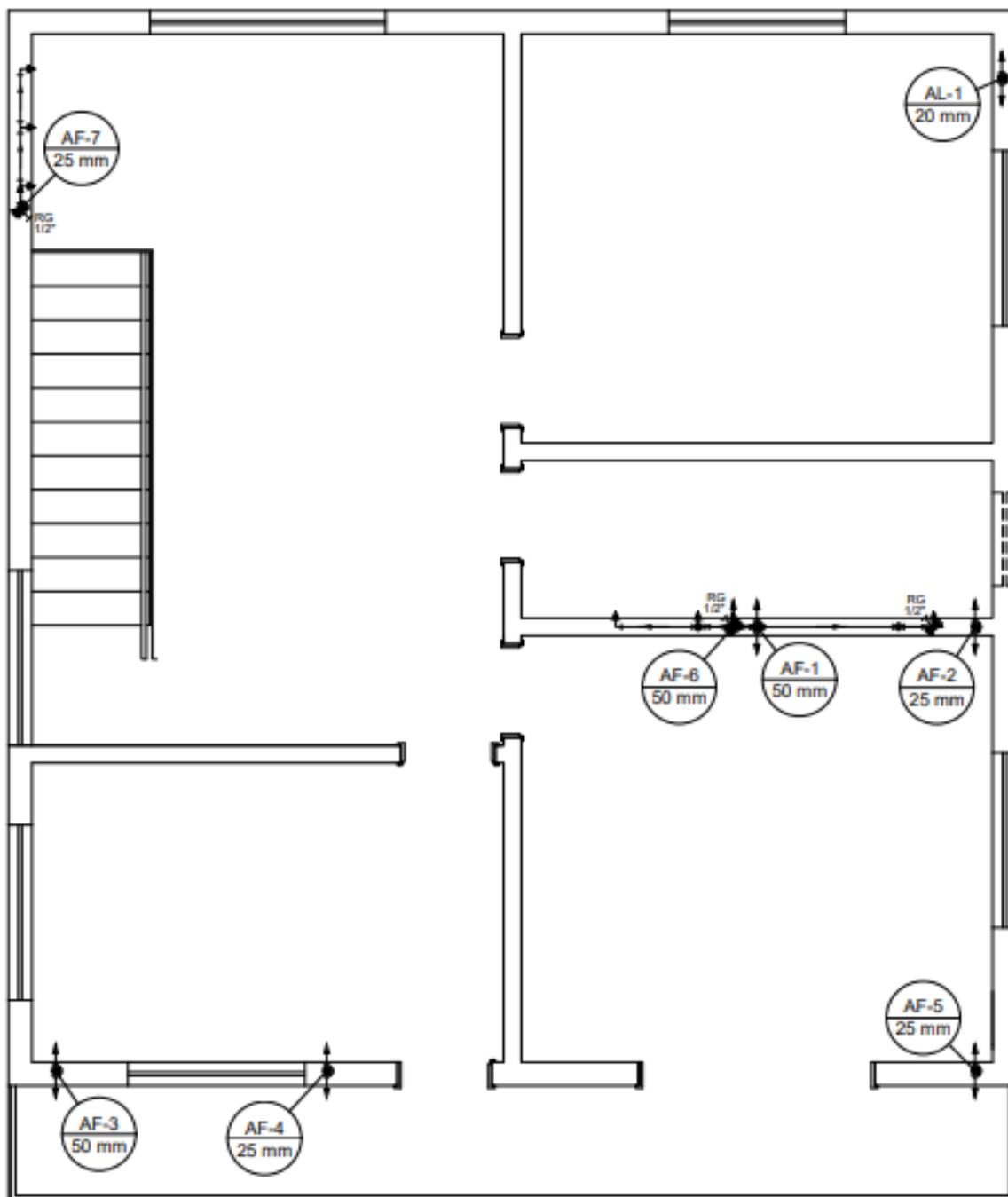


Figura 58 - Instalações hidráulicas do pavimento 2.

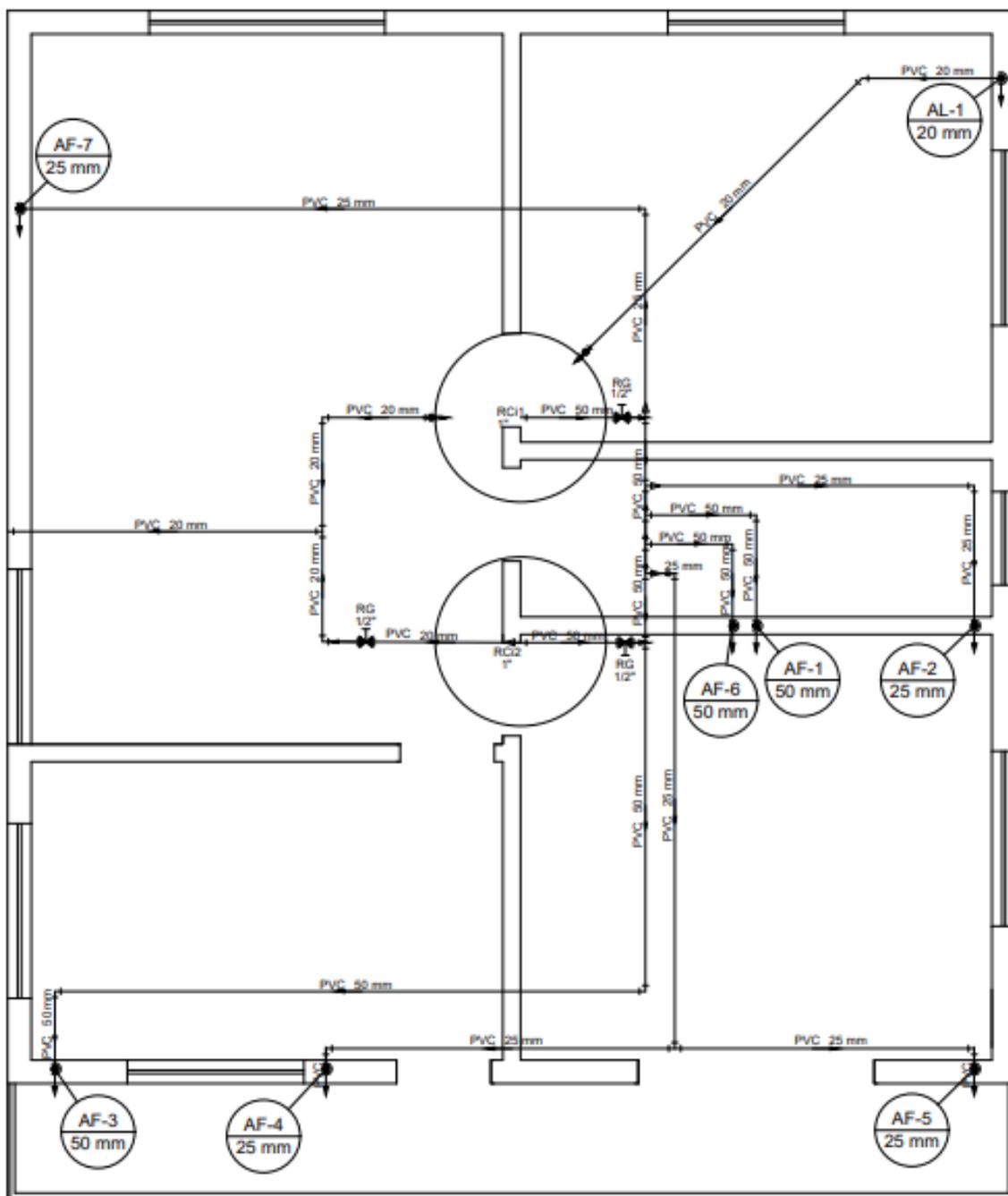


Figura 59 - Instalações hidráulicas da planta de forro.

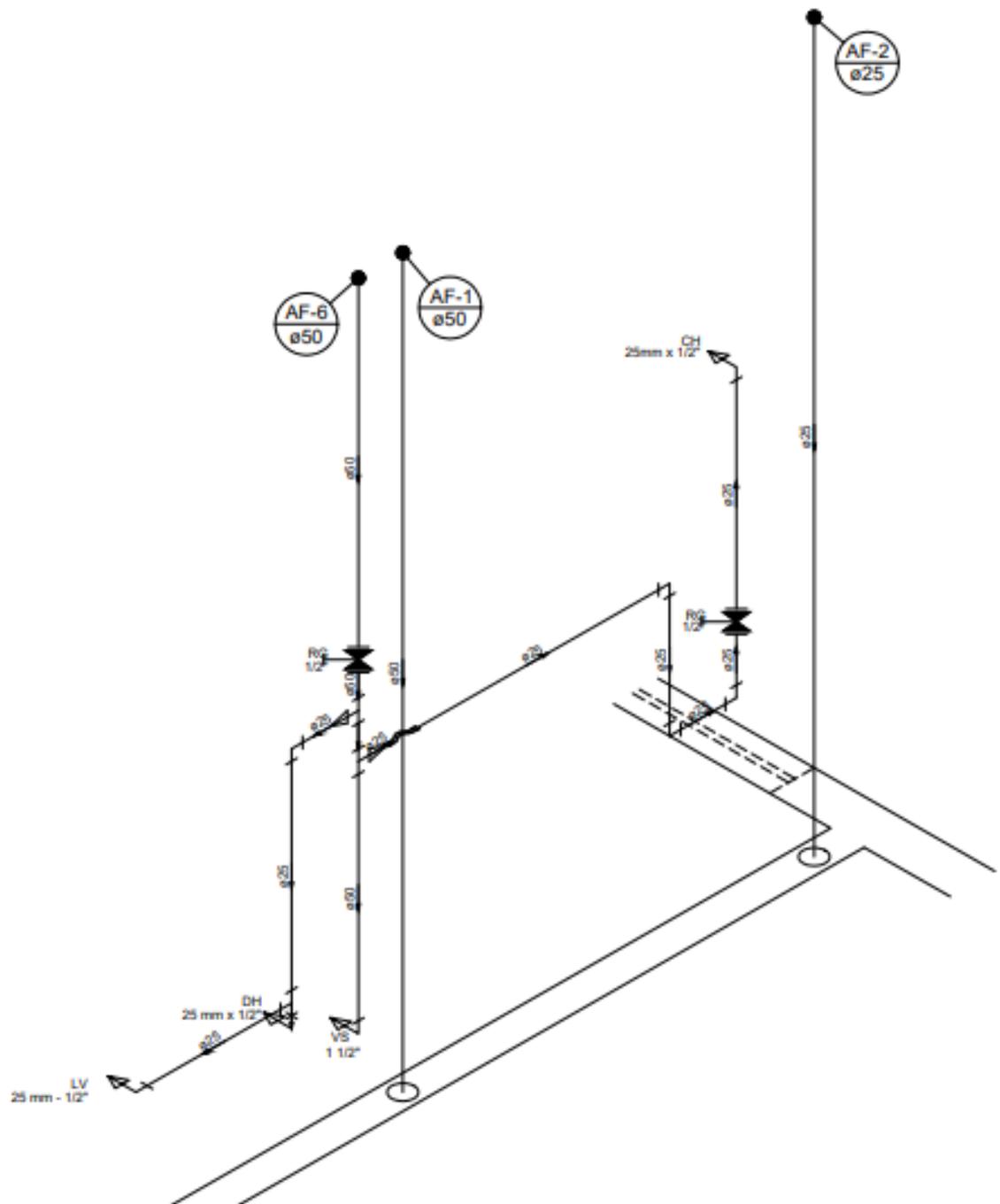


Figura 60 – Isométrico do banheiro do pavimento 2.

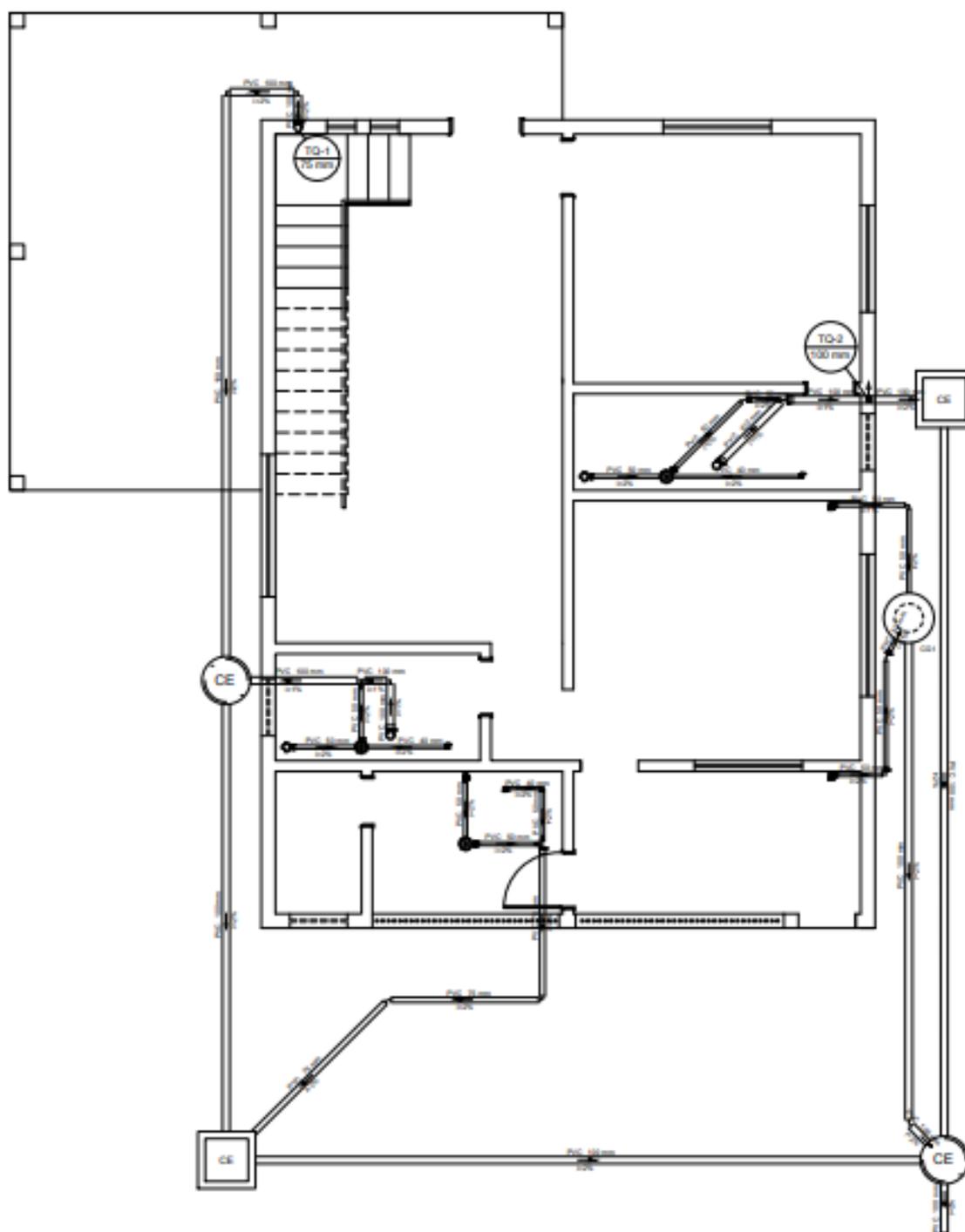


Figura 61 – Instalações sanitárias do pavimento 1.

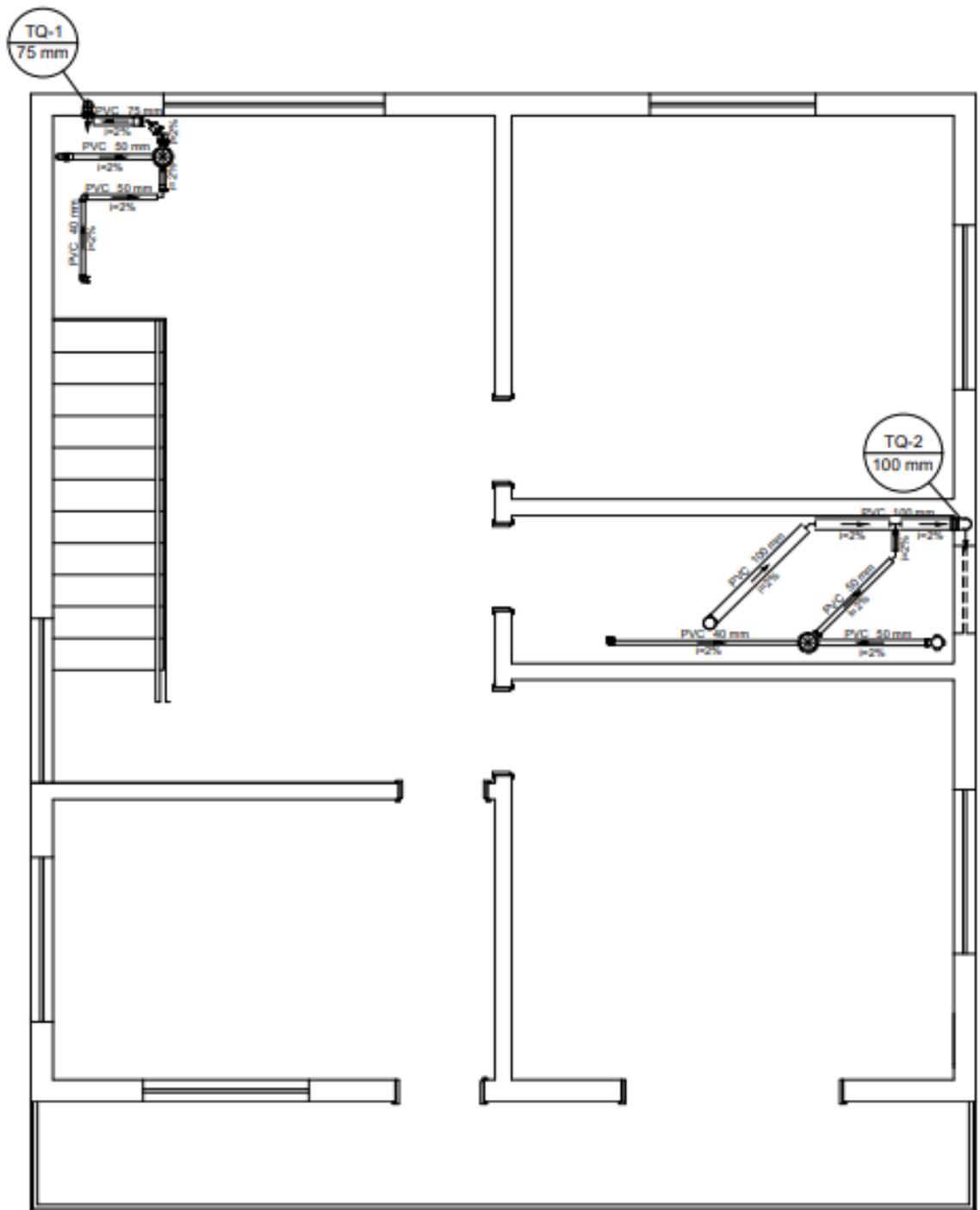


Figura 62 - Instalações sanitárias do pavimento 2.

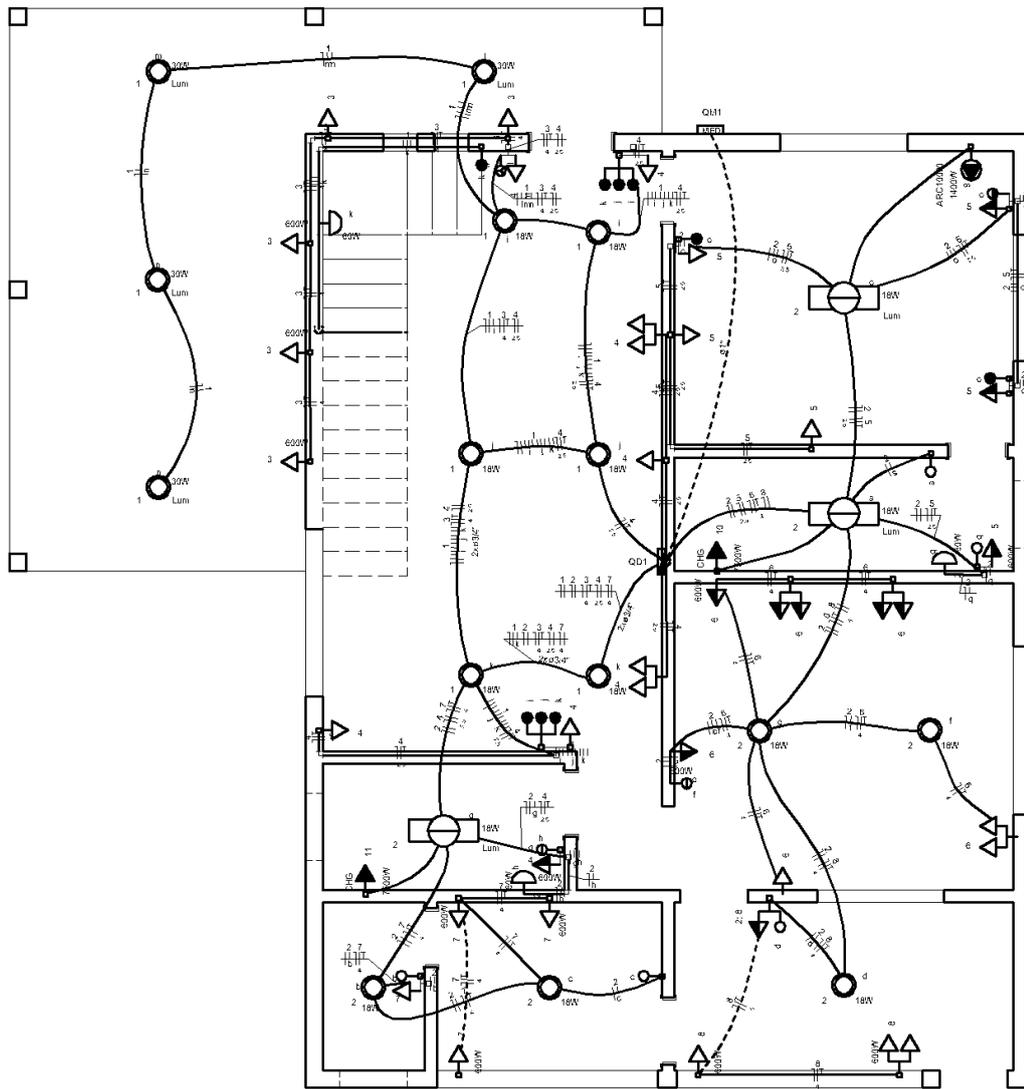


Figura 63 – Traçado da fiação do pavimento 1.

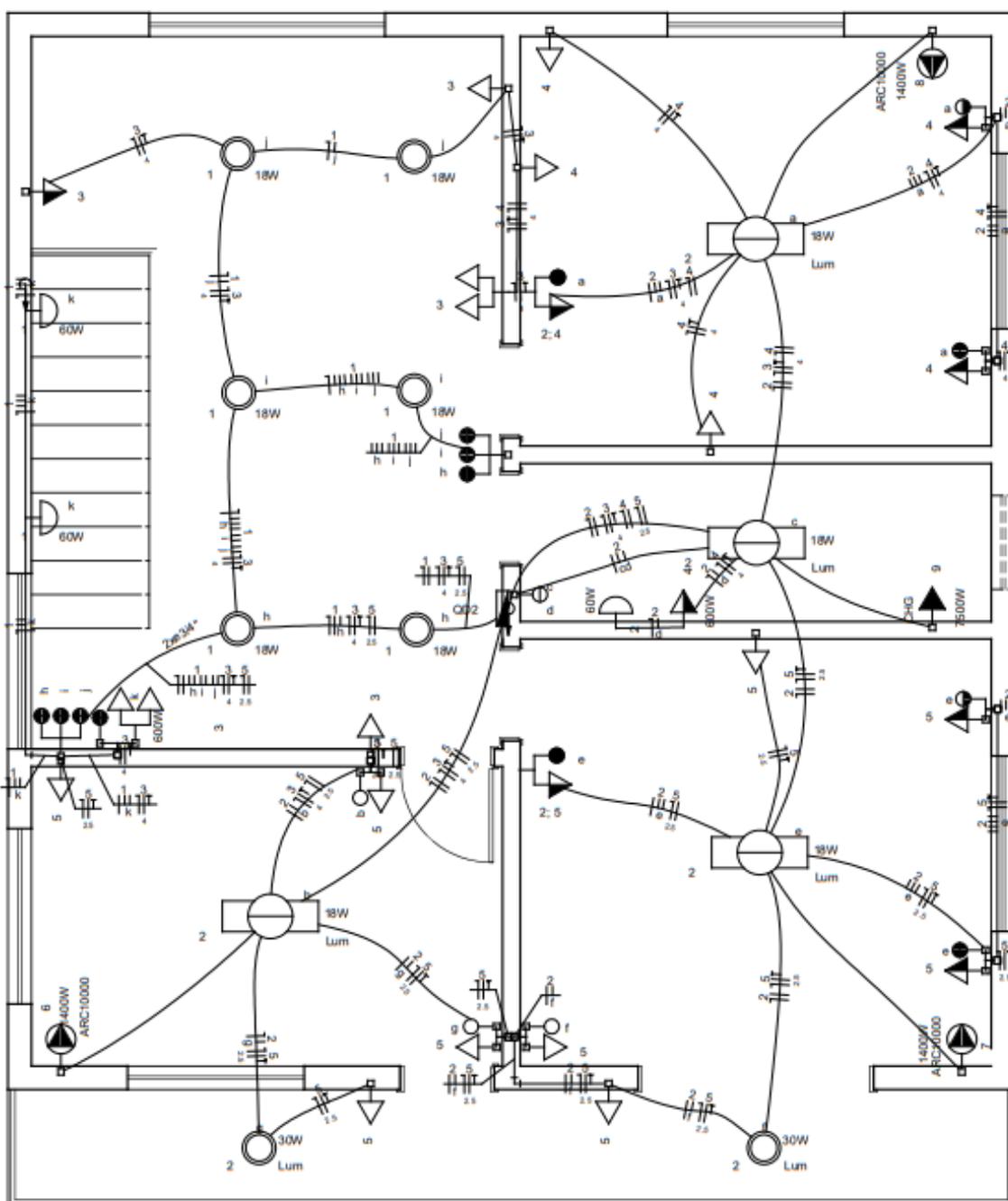


Figura 64 - Traçado da fiação do pavimento 2.

