

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

MURILO ZEISER

USO DA MODELAGEM BIM EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL:
estudo de caso para residências unifamiliares

São Carlos
Dezembro de 2022

MURILO ZEISER

USO DA MODELAGEM BIM EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL:
estudo de caso para residências unifamiliares

Monografia apresentada ao
Curso de Engenharia Civil
do Câmpus São Carlos do
Instituto Federal de Santa
Catarina para a obtenção
do diploma de Engenheiro
Civil

Orientador: Anderson
Renato Vobornik Wolenski

São Carlos
Dezembro de 2022

MURILO ZEISER

USO DA MODELAGEM BIM EM PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL:
estudo de caso para residências unifamiliares

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Engenharia Civil, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

São Carlos, dezembro de 2022

Prof. Anderson Renato Vobornik Wolenski, Dr.
Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Sérgio Parizotto Filho, Me.
Co Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Israel da Silva Mota, Esp.
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Cassio Alexandre Bariviera, Me.
Instituto Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, pelo amor, dedicação e valores ensinados, sempre me dando todo o apoio possível, sendo a minha base. Aos meus orientadores que me auxiliaram muito na realização desse projeto, com bastante comprometimento, me orientando da melhor forma possível. A todos os professores do IFSC-São Carlos por compartilharem o conhecimento, garantindo um ótimo aprendizado. Aos meus colegas de turma, que estavam juntos nessa caminhada, sempre se apoiando.

RESUMO

Ao longo de um grande período de tempo as construções foram projetadas e construídas tendo como base representações bidimensionais. A modelagem da informação da construção (BIM) vem trazendo um importante momento de mudança nos modelos de concepção e gestão de empreendimentos. Dentre as vantagens do BIM, pode-se citar a facilidade na compatibilização de projetos (arquitetônico, estrutural, instalações prediais e etc.), a melhoria no planejamento e acompanhamento das obras, de modo a proporcionar orçamentos mais precisos, extração de quantitativos, dentre outras funções que auxiliam na coordenação das construções. O presente estudo de caso consiste na aplicação e avaliação do uso da metodologia BIM, a partir do uso do *software Autodesk Revit*, para a modelagem 3D de uma residência unifamiliar que possa seguir como referência para projetos elaborados com o sistema construtivo em alvenaria estrutural. Obteve-se como resultados os modelos de arquitetura, elétrica, hidrossanitário e estrutural, a análise das incompatibilidades encontradas e os quantitativos de todos os modelos. Através dos resultados obtidos pode-se afirmar que a modelagem com a utilização da metodologia BIM auxilia para tornar os projetos mais realistas e facilita na detecção de interferências entre os projetos, o que torna mais rápida a resolução e prevenção dos problemas na construção ainda na fase de projeto. Ademais, todos os quantitativos que o software proporciona são de grande valia para a execução da obra, auxiliando para haver menos desperdícios de materiais.

Palavras-Chave: alvenaria estrutural, compatibilização de projetos, modelagem da informação da construção.

ABSTRACT

Over a long period of time, buildings were designed and built based on two-dimensional representations. Building Information Modeling (BIM) has been bringing an important moment of change in the design and management models of projects. Among the advantages of BIM, one can mention the ease in compatibilize the different projects (architectural, structural, building installations, etc.), the improvement in the planning and monitoring of works, in order to provide more accurate budgets, quantitative extraction, among others functions that help in the coordination of constructions. The present case study consists of the application and evaluation of the use of the BIM methodology, from the use of the *Autodesk Revit* software, for the 3D modeling of a single-family residence that can be used as a reference for projects elaborated with the constructive system in structural masonry. The results obtained were the architecture, electrical, hydro sanitary and structural models, the analysis of the incompatibilities found and the quantitative of all the models. Through the results obtained, it can be stated that modeling with the use of the BIM methodology helps to make projects more realistic and facilitates the detection of interference between projects, which makes the resolution and prevention of problems in the construction even faster. In addition, all the quantities that the software provides are of great value for the execution of the work, helping to have less waste of materials.

Keywords: structural masonry, compatibility of projects, building information modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo de desenvolvimento do BIM.....	13
Figura 2 - Modulação de um projeto em alvenaria estrutural.....	16
Figura 3 - Detecção de interferência entre tubulação e viga.....	17
Figura 4 - Família de blocos 39.....	18
Figura 5 - Detalhe de instalação elétrica em alvenaria estrutural.....	20
Figura 6 - Bloco hidráulico.....	21
Figura 7 - Preenchimento com graute.....	22
Figura 8 - Verga e contraverga.....	23
Figura 9 - Cinta de amarração.....	24
Figura 10 - Tipos de blocos e suas respectivas cores.....	26
Figura 11 - Primeira fiada de blocos em planta baixa.....	27
Figura 12 - Primeira fiada de blocos em vista isométrica.....	28
Figura 13 - Segunda fiada de blocos em planta baixa.....	29
Figura 14 - Segunda fiada de blocos em vista isométrica.....	30
Figura 15 - Numeração das paredes.....	31
Figura 16 - Paginação da parede três.....	32
Figura 17 - Vista isométrica geral da residência.....	33
Figura 18 - Grauteamento dos pilares, vergas e contravergas.....	34
Figura 19 - Armaduras inseridas dentro dos grautes.....	34
Figura 20 - Vista 3D do projeto elétrico.....	35
Figura 21 - Detalhe do caminhamento horizontal e vertical dos conduítes.....	36
Figura 22 - Vista geral do projeto de água fria.....	37
Figura 23 - Vista geral do projeto de esgoto e ventilação.....	38
Figura 24 - Vista isométrica do banheiro social.....	39
Figura 25 - Vista em corte do banheiro social.....	40
Figura 26 - Configurações adotadas para compatibilização entre os projetos.....	45
Figura 27 - Resultado da verificação de interferências.....	46
Figura 28 - Configurações adotadas para compatibilização entre os projetos.....	47
Figura 29 - Resultado da verificação de interferências.....	47
Figura 30 - Configurações adotadas para a compatibilização.....	48
Figura 31 - Resultado da compatibilização realizada.....	49
Figura 32 - Incompatibilidade encontrada.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantitativo de blocos de concreto.....	41
Tabela 2 - Quantitativo do volume de concreto utilizado nos pilares, vergas e contravergas.....	42
Tabela 3 - Lista de eletrodutos.....	42
Tabela 4 - Quantitativo de condutores elétricos em metros.....	42
Tabela 5 - Quantitativo de tubos.....	43
Tabela 6 - Quantitativos de conexões de tubo.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1.1 Objetivo geral	10
1.1.2 Objetivos específicos	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1. ALVENARIA ESTRUTURAL	11
2.2. MODELAGEM BIM (Building Information Modeling)	12
2.2.1 Benefícios do BIM	13
2.2.2. Modelagem paramétrica	14
2.2.3 Conceito de famílias no BIM	15
2.3. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS PARA SISTEMAS CONSTRUTIVOS MODULARES	15
2.4. CONCEITOS BÁSICOS DE PROJETO	17
2.4.1. Modulação	17
2.4.2. Amarração	18
2.4.3. Instalações elétricas	19
2.4.4. Instalações hidrossanitárias	20
2.4.5. Graute	21
2.4.6. Armaduras	22
2.4.7. Vergas e contravergas	22
2.4.8. Cinta de amarração	23
3 METODOLOGIA	24
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	25
4.1. MODELAGEM DO PROJETO ARQUITETÔNICO/ESTRUTURAL	25
4.1.1. Realização da primeira e segunda fiada	26
4.1.2. Paginação das paredes	30
4.1.3. Grauteamento e armaduras	33
4.2. MODELAGEM DO PROJETO ELÉTRICO	35
4.3. MODELAGEM DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO	37
4.4. OBTENÇÃO DOS QUANTITATIVOS	41
4.5. COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS	44
4.5.1. Compatibilização do projeto arquitetônico/estrutural e projeto elétrico	44
4.5.2. Compatibilização do projeto arquitetônico/estrutural e projeto hidrossanitário	46
4.5.3. Compatibilização do projeto elétrico e projeto hidrossanitário	48
5 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Levando em consideração o objetivo de sempre inovar e evoluir no ramo da construção civil, é de fundamental importância que ocorra o aperfeiçoamento das técnicas/sistemas construtivos, tendo em vista principalmente a redução de tempo, resíduos e gastos com materiais e mão-de-obra.

Com uma crescente demanda, continua sendo um fator de grande importância para o desenvolvimento nacional, suprindo as necessidades de moradia populacional, onde são utilizados os mais variados sistemas construtivos.

No Brasil, a alvenaria convencional se concentra como o método construtivo presente na grande maioria das construções residenciais, cujas características principais estão no uso de vigas e pilares em concreto armado para estruturar a edificação e os blocos de cerâmica ou de concreto são usados apenas para vedação ou divisão de ambientes. Em contrapartida, na alvenaria estrutural os blocos são utilizados para suportar as cargas da edificação, que funciona como um elemento estrutural e de vedação.

O BIM é uma das metodologias mais promissoras para o desenvolvimento da indústria de arquitetura, engenharia e construção, e sua aplicação tem sido pautada pela criação de normas, comitês e decretos. Como exemplo, o Estado de Santa Catarina foi o primeiro a estabelecer a exigência de projetos compatibilizados em BIM, para fins de licitação pública (Decreto nº1370, 2021). Na metodologia BIM, modelos de construção precisos são criados virtualmente, o que auxilia na diminuição de retrabalho, com aumento da qualidade do projeto. Atualmente, em algumas regiões, a gestão dos empreendimentos da construção civil não possui a qualidade necessária para evitar retrabalhos no canteiro de obras. Esse problema é resultado do descaso cultural do mercado com projetos e planejamento de obras. Normalmente é investido pouco tempo na fase inicial do projeto, o que se reflete em um projeto de execução cheio de incertezas, resultando em execução irracional da obra, desperdício excessivo e aumento do custo.

O presente trabalho descreve como os projetistas podem facilitar a verificação de incompatibilidades entre projetos multidisciplinares. Será utilizado a plataforma BIM, através do uso do *software Revit*, para a modelagem e compatibilização de um projeto completo de uma residência unifamiliar em alvenaria estrutural de referência.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O trabalho tem como principal objetivo a apresentação de um modelo de uma residência unifamiliar em alvenaria estrutural a partir do uso da metodologia BIM, com a pretensão de explorar todas as facilidades que essa tecnologia pode oferecer.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são analisar os diferentes modelos de projetos, obter os quantitativos e mostrar os possíveis ganhos e perdas da utilização do BIM na elaboração de projetos em alvenaria estrutural.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico, o trabalho aqui proposto foi fundamentado no sistema construtivo modular em alvenaria estrutural, aliado a modelagem BIM requerida para realização da compatibilização em *Revit* e estudo das inconsistências e/ou incompatibilidades entre os projetos de uma residência modulada com este sistema construtivo.

2.1. ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo Mohamad (2015), a alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual a unidade básica modular é o bloco, que, junto com a argamassa forma as paredes, as quais são responsáveis por absorver todas as ações atuantes na vertical e horizontal.

Além disso, Prudêncio Jr.; Oliveira e Bedin (2002) afirmam que qualquer que seja a categoria a ser utilizada a alvenaria estrutural possui sempre a dupla função por servir de suporte para as cargas calculadas e servir de vedação para os ambientes construídos. Essa dupla função da alvenaria pode, em vezes, tornar menor o custo de execução e, em vezes, tornar o custo maior sendo essa variável totalmente dependente das características da edificação como altura, tipo de uso, arranjo arquitetônico e outros.

Em decorrência disso, Ferreira (2010) adverte sobre o fato da alvenaria estrutural não ser avaliada apenas pelo seu desempenho particular, mas na sua essência, deve haver uma compatibilização juntamente com os projetos elétricos, hidráulicos e principalmente arquitetônicos, visto que os blocos não podem ser cortados, gerando uma grande economia para a obra.

Para o sistema em alvenaria estrutural apresentar o seu melhor desempenho, é necessário levar alguns pontos em consideração. A qualidade dos blocos de concreto deve ser garantida, assim como a das vigas e pilares deve ser no método convencional. Os blocos devem ser produzidos com as características físicas e mecânicas impostas pela NBR 6136 (2016), além de serem homogêneos e compactos, possuírem arestas vivas, e principalmente ausentes de fissuras e imperfeições que possam diminuir suas características de resistência (MOHAMAD,

et al., 2015).

Em adição, problemas na qualidade dos blocos também resultam em dificuldade de assentamento, que diminuem a produtividade da equipe, aumento do consumo de argamassa, quebra de blocos durante o manuseio e o surgimento de manifestações patológicas nas paredes. Tudo isso torna o processo mais caro do que o inicialmente planejado e, por isso, é necessário garantir os procedimentos adequados de dosagem, de cura e de controle na fabricação dos blocos (SANTIAGO e BECK, 2018).

2.2. MODELAGEM BIM (*Building Information Modeling*)

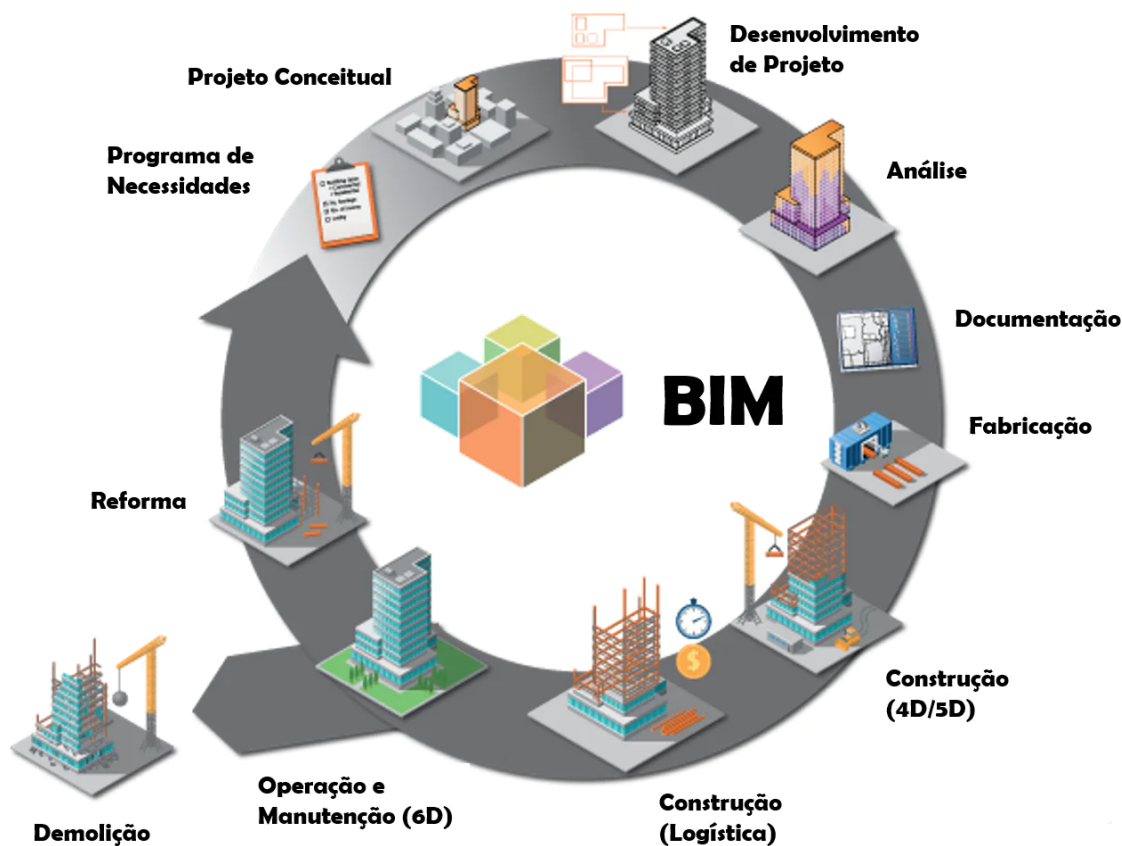
Eastman *et al.* (2014) define BIM como uma “tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”, tendo como objetivo a integração de projetos para a construção de um modelo virtual único do edifício.

Essa nova forma de concepção de projetos pode ser utilizada para melhorar o padrão deles, reduzindo a necessidade de refazer os trabalhos mediante alterações nas decisões que governam as estruturas com o uso dos objetos parametrizados, evitando erros com a utilização da modelagem em três dimensões, que uma vez alterados, refletem sua alteração para todas as vistas e plantas do projeto em questão.

Para Callegari (2007), a compatibilização permite a retroalimentação das etapas, corrigindo e propondo novas soluções com o aumento da eficiência. Dessa maneira, a elaboração de futuros projetos terá uma redução de incertezas construtivas. A análise das incompatibilidades entre os projetos possibilita a melhoria da qualidade do processo de projetos, através da sua adequação e eficácia, em que importantes ações corretivas são tomadas para o aperfeiçoamento e a melhoria contínua dos sistemas projetual e construtivo.

O BIM oferece suporte para uma reavaliação do uso da tecnologia da informação na criação e no gerenciamento do ciclo de vida de uma edificação conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Ciclo de desenvolvimento do BIM



Fonte: (Depi - Unicamp, 2019)

Ao oferecer uma fonte única de informações, o BIM permite aos participantes do projeto (arquitetos, engenheiros, construtores e clientes) consultar, visualizar e (re)usar informações correntes (EASTMAN *et al*, 2014).

2.2.1 Benefícios do BIM

Segundo Mohamad (2015) a tecnologia BIM pode dar suporte e melhorar muitas práticas do setor. O BIM encontra-se no cerne das maneiras pelas quais os processos de projeto e construção de edificações podem responder às crescentes pressões por maior complexidade, desenvolvimento mais rápido, custos menores e operação e manutenção de edificações mais efetivas e eficientes. Algumas das facilidades proporcionadas pelo método BIM são descritas sumariamente a seguir:

–visualização antecipada e mais precisa de um projeto: os softwares

BIM costumam utilizar uma estrutura de trabalho em três dimensões. Essa estrutura pode ser usada para simular a construção real contendo todas informações necessárias, podendo ser extraídas vistas e cortes.

–*colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto*: Além da vantagem de usar três dimensões, a tecnologia BIM proporciona unir os projetos de várias disciplinas, o que faz reduzir o tempo de projeto e reduz significativamente os erros e as omissões.

–*extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto*: nos projetos realizados em BIM, tem-se a fácil, automática e precisa extração dos quantitativos, aumentando o grau de confiança das estimativas de custo para a realização do orçamento.

–*identificação de interferências automaticamente*: uma parte de grande valor na concepção de projetos é a compatibilização, tanto para os projetistas quanto para os construtores. Alguns softwares BIM possuem a ferramenta para realizar essa detecção automaticamente, auxiliando na correção de interferências entre os modelos de projetos.

2.2.2. Modelagem paramétrica

A modelagem paramétrica é baseada em objetos que possuem um ou mais parâmetros. Assim, esses objetos paramétricos não possuem uma geometria fixa, mas sim parâmetros e regras que podem estabelecer relações entre diferentes objetos, permitindo que todo o projeto seja atualizado automaticamente quando os objetos são modificados. Esta atualização automática é uma das grandes diferenças entre BIM e CAD (EASTMAN *et al*, 2014).

Para os designers, agora existem novas possibilidades contratuais; não são mais apenas desenhos geométricos que são vendidos, mas modelos que focam em coisas diferentes. O valor agregado do projeto deve ser diferenciado de acordo com os requisitos do cliente. Se um cliente deseja testar a estrutura de uma edificação, os elementos do projeto devem ter essa finalidade, assim como o custeio e muitas outras análises.

2.2.3 Conceito de famílias no BIM

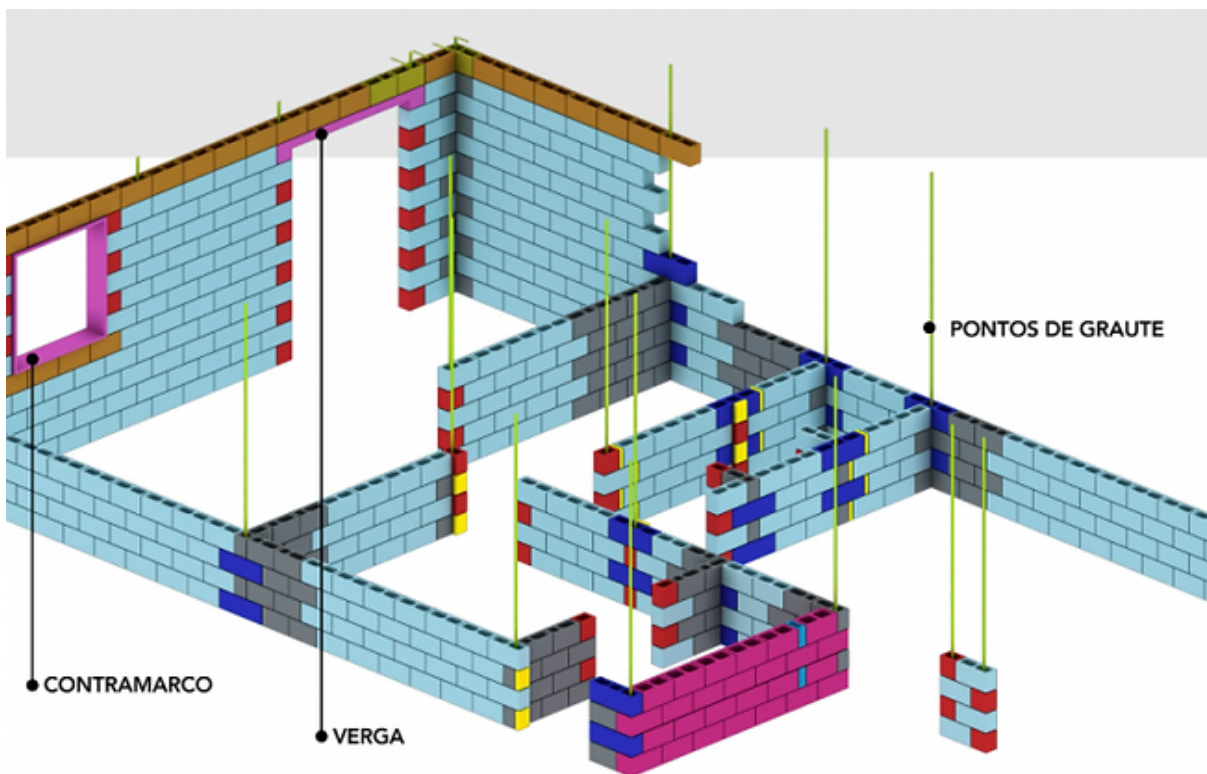
A realização de um projeto BIM gira em torno das famílias. Por exemplo, nas regras adotadas pela família de *softwares Revit®* da *Autodesk*, os pisos devem estar vinculados a um nível e a um pavimento. As vigas devem estar conectadas a um nível e ter suas seções pré-definidas. Esses tipos de definições facilitam a criação e alteração de projetos, pois ao mudar alturas, por exemplo, as cotas de topo de lajes, pilares e vigas se unem porque esses elementos tendem a se ajustar quando um deles muda.

Uma das dificuldades ao iniciar a modelagem é a obtenção de uma biblioteca de famílias que atenda às necessidades do usuário. Embora existam alguns sites onde as famílias podem ser baixadas, muitas dessas famílias não estão devidamente parametrizadas. Escolher criá-las do zero é uma tarefa complexa que requer um conhecimento profundo do software. Se cada designer optasse por criar sua própria biblioteca, existiriam várias famílias com diferentes parâmetros e formas para representar o mesmo elemento, idealmente isso seria feito pelo fabricante do objeto relacionado

2.3. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS PARA SISTEMAS CONSTRUTIVOS MODULARES

Na execução da alvenaria estrutural, a modulação é de extrema importância, pois os blocos não podem ser cortados, para que não ocorram eventuais reparos de enchimentos elevando o custo da obra, tornando o projeto inviável.

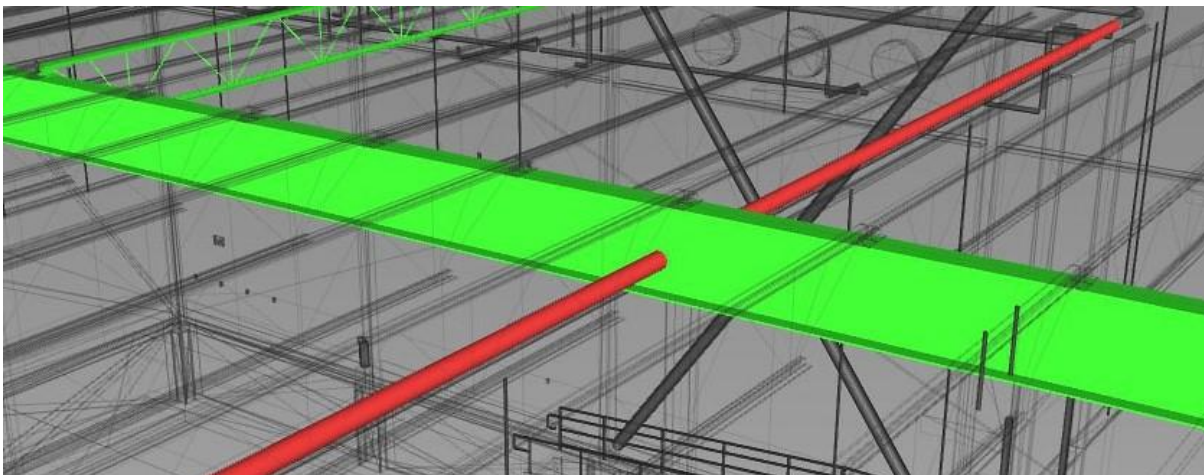
Segundo Franco e Agopyan (1993), a elaboração do projeto com maior detalhamento possível garante uma obra com maior eficiência construtiva e econômica. Torna-se nítido que a construção racionalizada está diretamente ligada ao projeto, sendo um meio de garantir o melhor resultado possível na execução da obra. Ao se projetar um edifício em alvenaria estrutural é indispensável um estudo de modulação juntamente com o escopo arquitetônico. Esta modulação consiste em “encaixar” os blocos uns nos outros cumprindo todas as amarrações, compondo um prisma, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Modulação de um projeto em alvenaria estrutural

Fonte: (SteelPro, 2018)

Uma das facilidades que a modelagem BIM proporciona é a detecção de interferências. Segundo Eastman *et al.* (2011), a detecção de forma automática das interferências podem ser combinadas com regras para identificar e qualificar conflitos, permitindo que construtores e projetistas verifiquem conflitos de forma seletiva. Alguns softwares classificam interferências como leves, moderadas e críticas.

Figura 3 - Detecção de interferência entre tubulação e viga



Fonte: (Thórus Engenharia, 2020)

Entretanto, é importante salientar que os resultados obtidos neste teste de verificação dependem do nível de detalhamento do modelo. Quanto mais preciso e rico em detalhes for o modelo, mais eficiente será o teste de conflitos.

2.4. CONCEITOS BÁSICOS DE PROJETO

A realização de uma construção em alvenaria estrutural começa pela elaboração de um projeto adequado, onde é necessário ter o conhecimento dos critérios de projeto que regem este sistema construtivo. Alguns destes critérios são listados a seguir.

2.4.1. Modulação

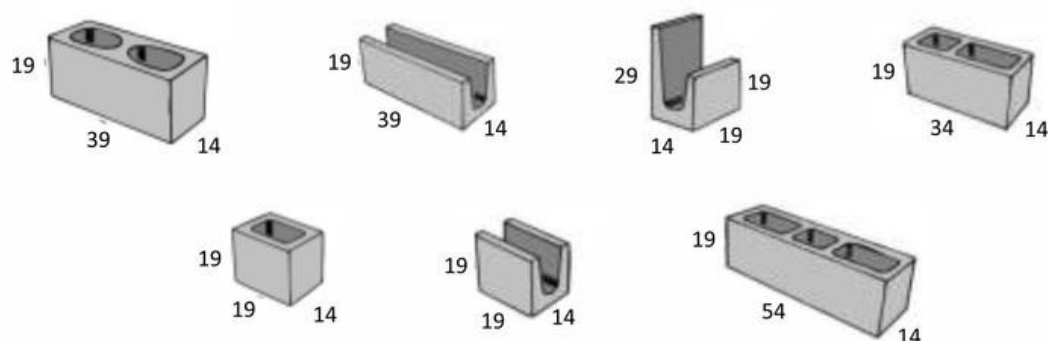
De acordo com Mohamad (2015) um dos aspectos mais relevantes é a definição do tipo de bloco a ser empregado no projeto. Com um módulo básico escolhido (dimensão real do bloco mais a espessura da junta), as alturas e comprimentos das paredes devem ser múltiplos deste módulo básico. No caso das dimensões de uma edificação não serem moduladas, os enchimentos necessários para a complementação dos espaços acarretam em um maior custo e menor racionalização da obra.

No Brasil são encontrados mais facilmente blocos com comprimentos múltiplos de 15 e 20 cm, sendo eles respectivamente das famílias 29 e 39 cm. Os blocos cerâmicos são geralmente constituídos pela família 29, enquanto os blocos de concreto são geralmente constituídos pela família 39, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Família de blocos 39

Família 14 - Resistência $F_{bk} \geq 3$ Mpa (Classe C)				
Produto	Dimensões	Peso médio	Peças/m ²	Peças/paleta
BLOCO	14x19x39 cm	10,9 kg	12,5	120
MEIO BLOCO	14x19x19 cm	6,5 kg	25,0	240
CANALETA	14x19x39 cm	12,5 kg	2,5*	120
MEIA CANALETA	14x19x19 cm	6,3 kg	5,0*	240
BLOCO 54	14x19x54 cm	17,1 kg	9,1	90
BLOCO 34	14x19x34 cm	11,1 kg	14,3	150
BLOCO JOTA	14x19x19x29 cm	7,9 kg	5,0*	175

*Metro linear



Fonte: (Fachinello, 2021).

De acordo com Mohamad (2015), o engenheiro responsável pelo projeto estrutural deve gerar as pranchas de primeira e segunda fiada, também conhecidas como fiada ímpar e par, respectivamente. Além destas, também deve gerar a modulação vertical contendo as paginações das paredes.

2.4.2. Amarração

Segundo a ABNT NBR 15961-1:2011, a amarração pode ser efetuada,

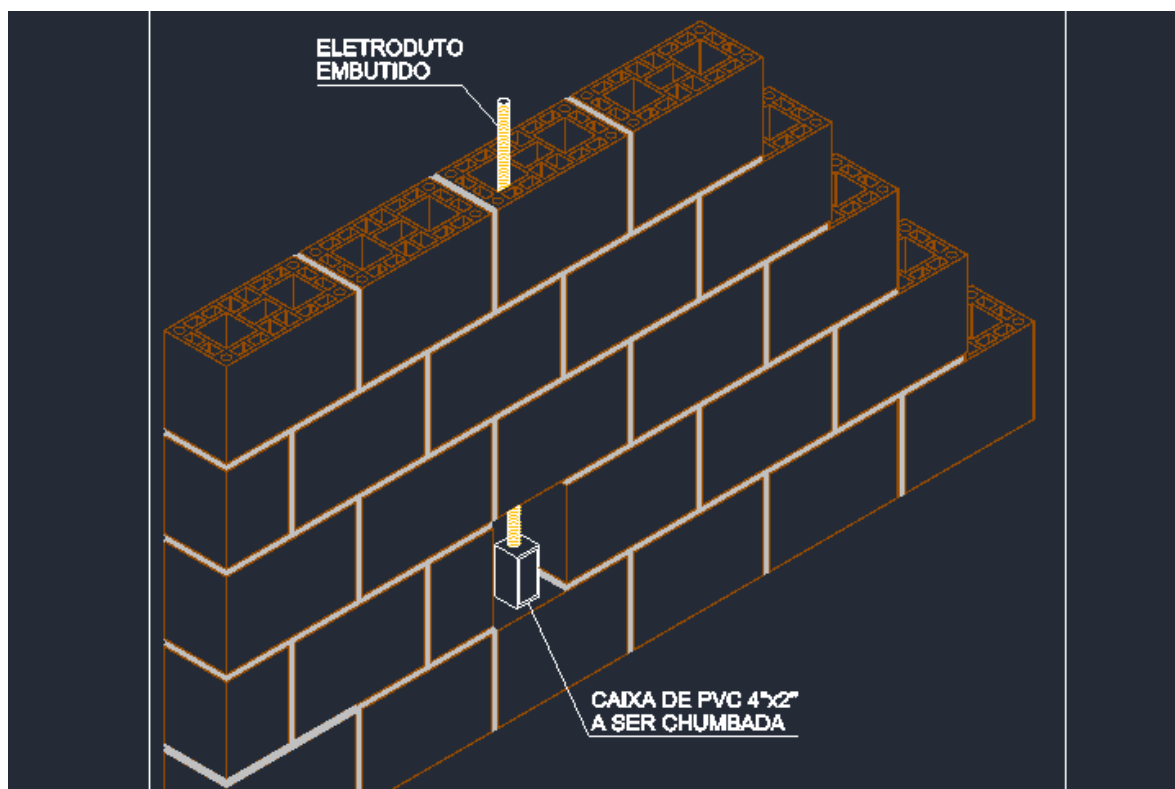
basicamente, de duas maneiras:

–*amarração direta*: onde se tem um padrão de ligação das paredes formado pelo intertravamento de blocos, obtido com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra.

–*amarração indireta*: são amarrações feitas em paredes com junta vertical a prumo, em que o plano da interface comum é atravessado por armaduras, normalmente, constituídas por grampos metálicos devidamente ancorados em furos verticais adjacentes grauteados ou por telas metálicas ancoradas em juntas de assentamento.

2.4.3. Instalações elétricas

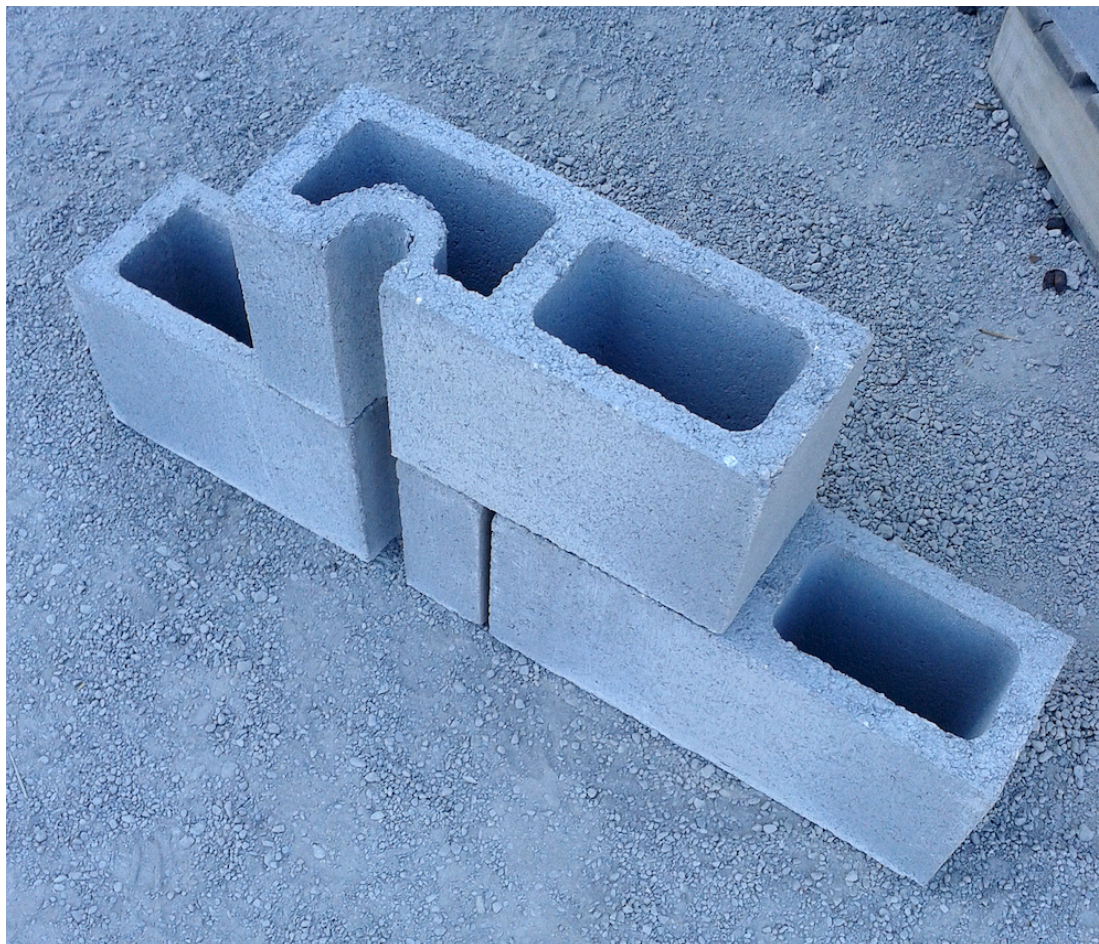
No lançamento em projeto de alvenaria estrutural deve-se atentar ao fato de que os pontos devem estar posicionados nos furos dos blocos, assim, a sobreposição da planta mobiliada com as de primeira e segunda fiadas da modulação é essencial na hora da marcação desses pontos. Além do cuidado de posicionar os pontos elétricos nos furos dos blocos, é importante prestar atenção nos furos que possuem graute e armadura, evitando, assim, a passagem de instalações elétricas junto a esses pontos grauteados. Desse modo, a instalação elétrica é distribuída horizontalmente pela laje e os pontos de consumo alimentados verticalmente. Existem, também, blocos especiais para a instalação de pontos elétricos que já apresentam recorte necessário (MOHAMAD, 2015).

Figura 5 - Detalhe de instalação elétrica em alvenaria estrutural

Fonte: (Jonatas Alexandre, 2019)

2.4.4. Instalações hidrossanitárias

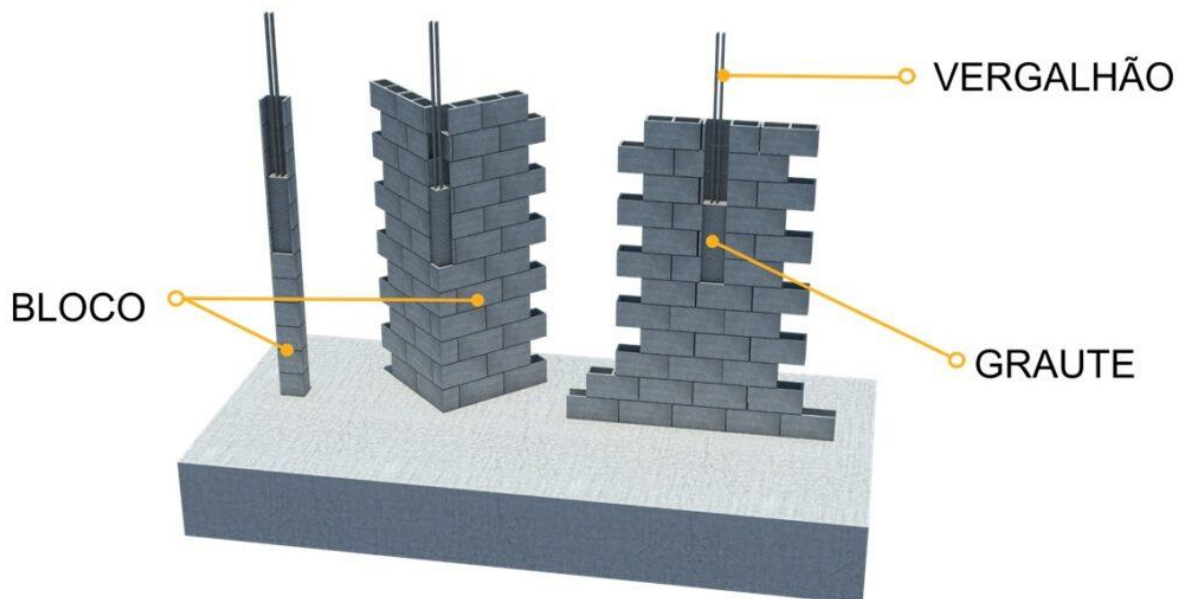
Segundo Mohamad (2015) nessa etapa, cada tipo de instalação demanda cuidados específicos relativos à sua manutenção e segurança; assim, quando se trata da instalação dessas tubulações, não é aconselhável colocá-las embutidas nos furos da alvenaria pois em casos de necessidade de manutenção seria necessário rasgar a parede para encontrar a canalização. Portanto, muitas vezes, para facilitar o percurso dessas instalações, recomenda-se aproximar as áreas úmidas (cozinha, lavanderia, banheiros) e até mesmo usar uma parede de vedação (sem função estrutural) comum a essas áreas na qual possam ser embutidas todas as canalizações (água, esgoto e gás). Outra solução, é utilizar blocos hidráulicos que possuem reentrâncias na face externa dos blocos, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Bloco hidráulico

Fonte: (Celere, 2019)

2.4.5. Graute

O graute é um concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, eventualmente necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos. Sua função é propiciar o aumento da área da seção transversal das unidades ou promover a solidarização dos blocos com eventuais armaduras posicionadas nos seus vazios (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Figura 7 - Preenchimento com graute

Fonte: (Lucas Retondo, 2021)

2.4.6. Armaduras

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) as barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, mas, neste caso, serão sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria. Uma exceção é feita para as armaduras colocadas nas juntas das argamassas de assentamento. Nesse caso, é importante ressaltar que o diâmetro deve ser de no mínimo 3,8 mm, não ultrapassando a metade da espessura da junta.

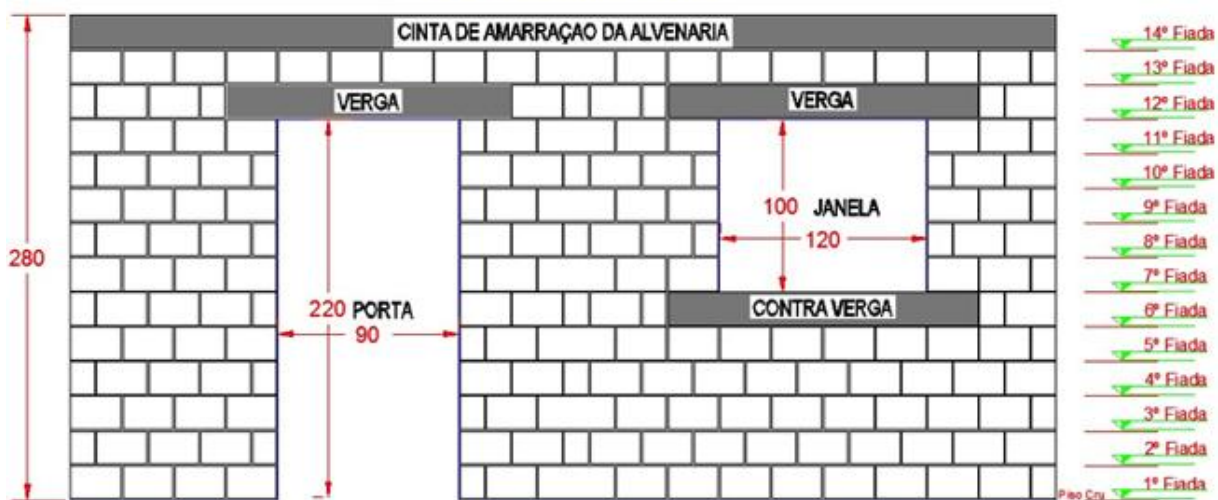
2.4.7. Vergas e contravergas

As vergas e contravergas são utilizadas para absorver os esforços de flexão tanto na parte superior da abertura como na parte inferior, conforme mostra a Figura 8. Estes componentes são executados com blocos canaletas preenchidos com armadura de solidarização e com concreto convencional sendo seu agregado constituído de brita 0 ou 1. Em casos de verga e/ou contravergas de duas

esquadrias ficarem muito próximas, o autor sugere que se faça a união das mesmas, formando um único elemento.

Figura 8 - Verga e contraverga

VISTA - PAREDE



Fonte: (Dica de obra, 2020)

2.4.8. Cinta de amarração

De acordo com a ABNT NBR 16868-2:2020 em cada pavimento deve ser executada uma cinta contínua, solidarizando todas as paredes. Esta cinta pode ser executada em blocos especiais, tipo canaleta, ou com formas. Em todas as situações, deve-se assegurar o completo preenchimento da cinta. O grauteamento dessa cinta deve preceder a montagem das fôrmas de laje.

Figura 9 - Cinta de amarração

Fonte: (Faz Fácil, 2016)

3 METODOLOGIA

Para a modelagem e o desenvolvimento do trabalho foi utilizado o software *Autodesk Revit®*, dentro dele as suas versões *Revit Architecture* - para a realização de todos os elementos constituintes do projeto arquitetônico e estrutural - e o *Revit MEP* - utilizado para modelar e detalhar os projetos de instalações prediais, sendo eles o elétrico e hidrossanitário. Ambos foram utilizados na sua versão estudantil gratuita de 2020. Houve a necessidade da realização de um curso de *Revit* de 120 horas pelo autor, onde foram abordadas todas os modelos de projeto utilizados para a realização do projeto.

O estudo foi o desenvolvimento do projeto de uma residência unifamiliar de referência, com todas as tubulações hidro sanitárias de esgoto, água fria e tubulação de gordura, o projeto elétrico e o projeto estrutural, compatibilizados e modulados em alvenaria estrutural. Todos os projetos foram desenvolvidos seguindo a ABNT NBR 16868-1: Alvenaria Estrutural - Parte 1: Projeto

O intuito deste estudo é apresentar as dificuldades e diferenças no trabalho de um projetista ao desenvolver um modelo BIM, voltado a projetos em alvenaria estrutural. Para isto, será descrito o passo a passo de como o projeto foi realizado, com a descrição em detalhes de um edifício de alvenaria estrutural e as dificuldades encontradas na criação de um modelo *Revit* desse projeto.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para início do projeto realizou-se a importação da planta já existente, realizada em alvenaria convencional para o *Revit* e desenvolvida na unidade curricular de Projeto Integrador II e III, para servir como uma guia para modulação das paredes e outros elementos. Foram realizados os cálculos de flexão e cisalhamento em todas as paredes para identificar se havia a necessidade de alguma mudança no projeto. Depois da checagem constatou que não havia a necessidade de nenhuma mudança, tendo em vista, principalmente, que é uma residência de pequeno porte e não possui grandes vãos livres.

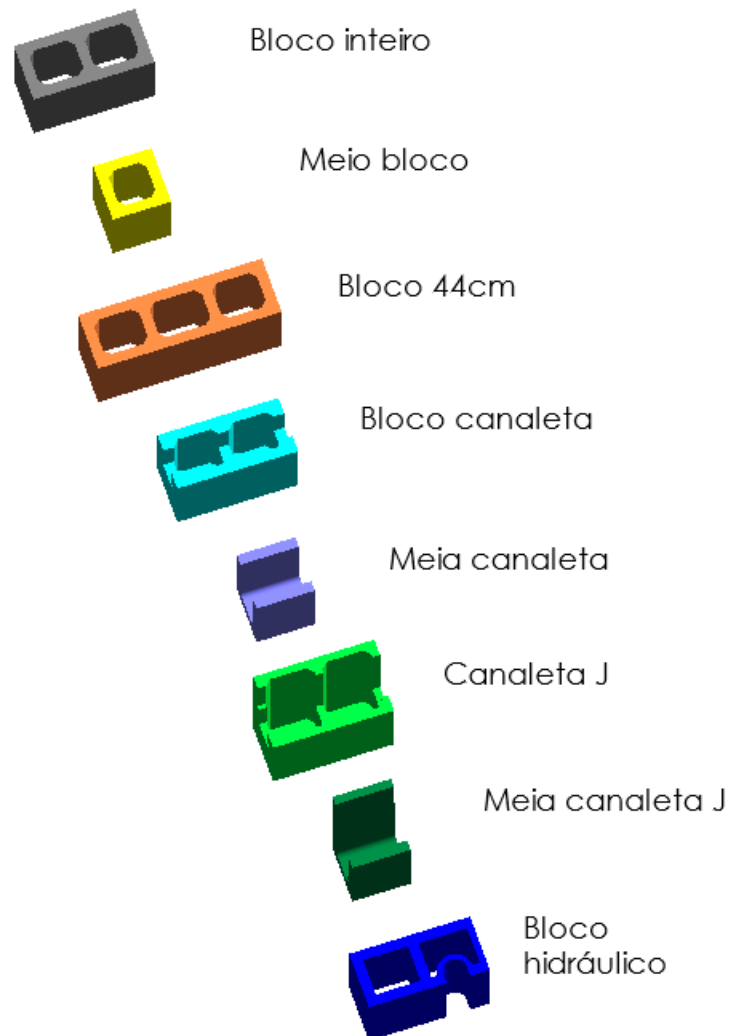
4.1. MODELAGEM DO PROJETO ARQUITETÔNICO/ESTRUTURAL

Neste estudo, para a realização do projeto arquitetônico e estrutural, houve inicialmente a definição da família de blocos de concreto a ser utilizada. Foi escolhida a família 29 pela maior facilidade de serem realizadas as amarrações dos blocos, pois além do bloco de 29 cm, há também o de 44 cm e o de 14 cm. Também percebeu-se, após a realização de uma pesquisa, que o bloco J, utilizado para a cinta de amarração, só é encontrado nos tamanhos de 29 cm e 14 cm.

Como as forças são distribuídas uniformemente entre as paredes, optou-se por realizar uma fundação em radier, que também distribui as forças igualmente no solo.

No projeto, para haver uma melhor percepção, os blocos foram diferenciados por cores, através da aplicação de filtros, assim ficando mais fácil de reconhecer quais blocos devem constituir cada parede, como ilustra a Figura 10. Esses filtros foram aplicados tanto na vista 3D quanto nos cortes das paredes.

Figura 10 - Tipos de blocos e suas respectivas cores



Fonte: o autor (2022)

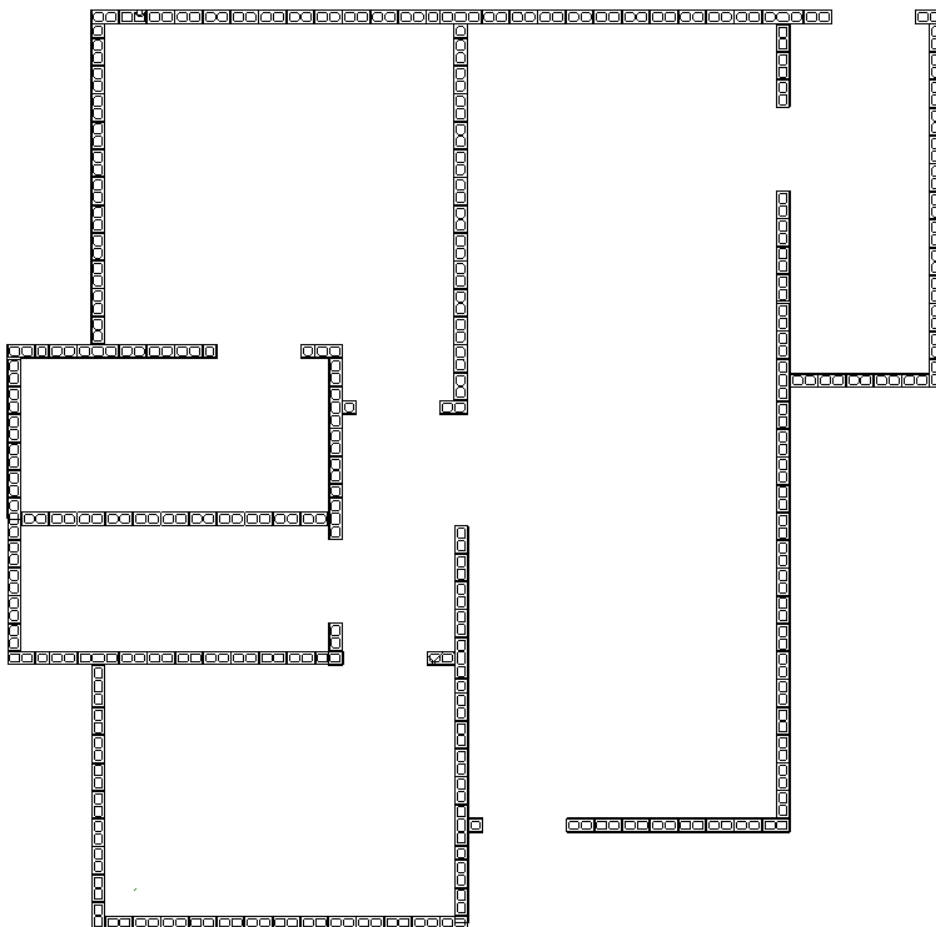
Após feita a definição da família de blocos, teve-se que fazer um ajuste nos comprimentos das paredes, para todas serem múltiplas de 15 cm, que é o comprimento do meio bloco mais 1 cm considerado para a argamassa de assentamento. Esse ajuste é fundamental para que não haja corte nos blocos posteriormente, não podendo ser realizado nenhum ajuste após o projeto estar concluído.

4.1.1. Realização da primeira e segunda fiada

Em sequência ao ajuste nos comprimentos das paredes, começou-se a modulação dos blocos pela primeira fiada ou fiada ímpar. Como existia uma guia das

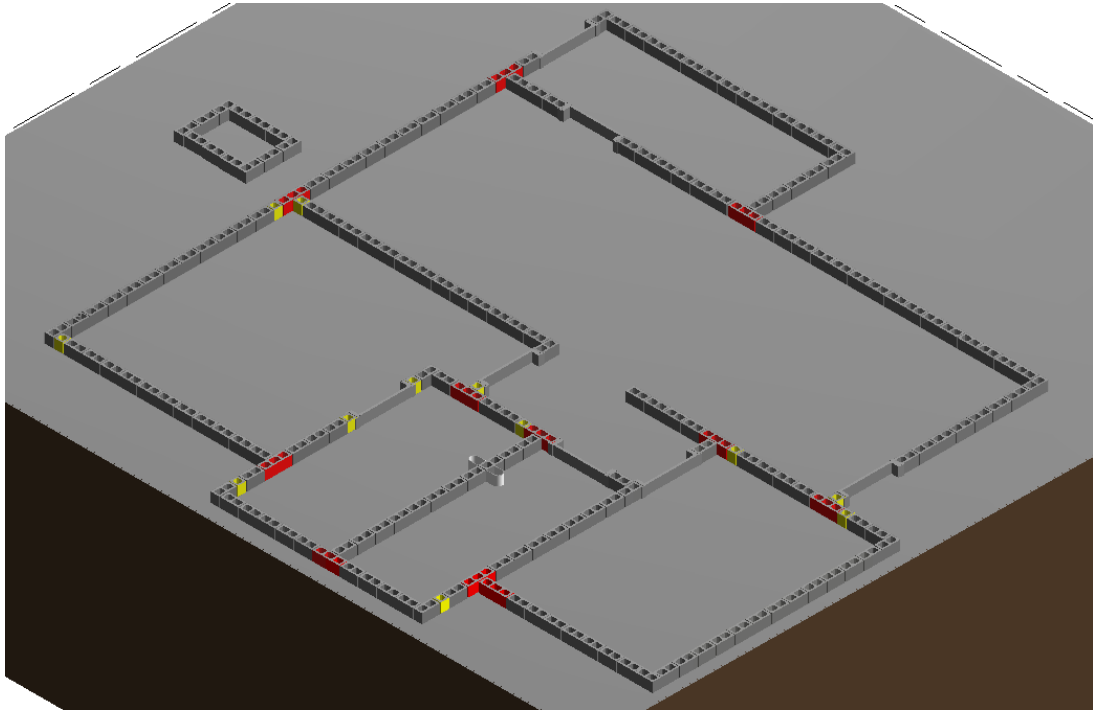
paredes para se basear, através do projeto em alvenaria convencional, os primeiros blocos a serem colocados foram os de amarração, tanto nas junções em T, utilizando o bloco de 44 cm, quanto nas junções em L, utilizando dois blocos inteiros. Não foi preciso fazer o detalhamento da espessura de chapisco, reboco, emboço e pintura, pois para a compatibilização de projetos não se faz necessário tal nível de detalhamento. Das amarrações deu-se continuação na modulação da primeira fiada como mostram as Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Primeira fiada de blocos em planta baixa



. Fonte: o autor (2022)

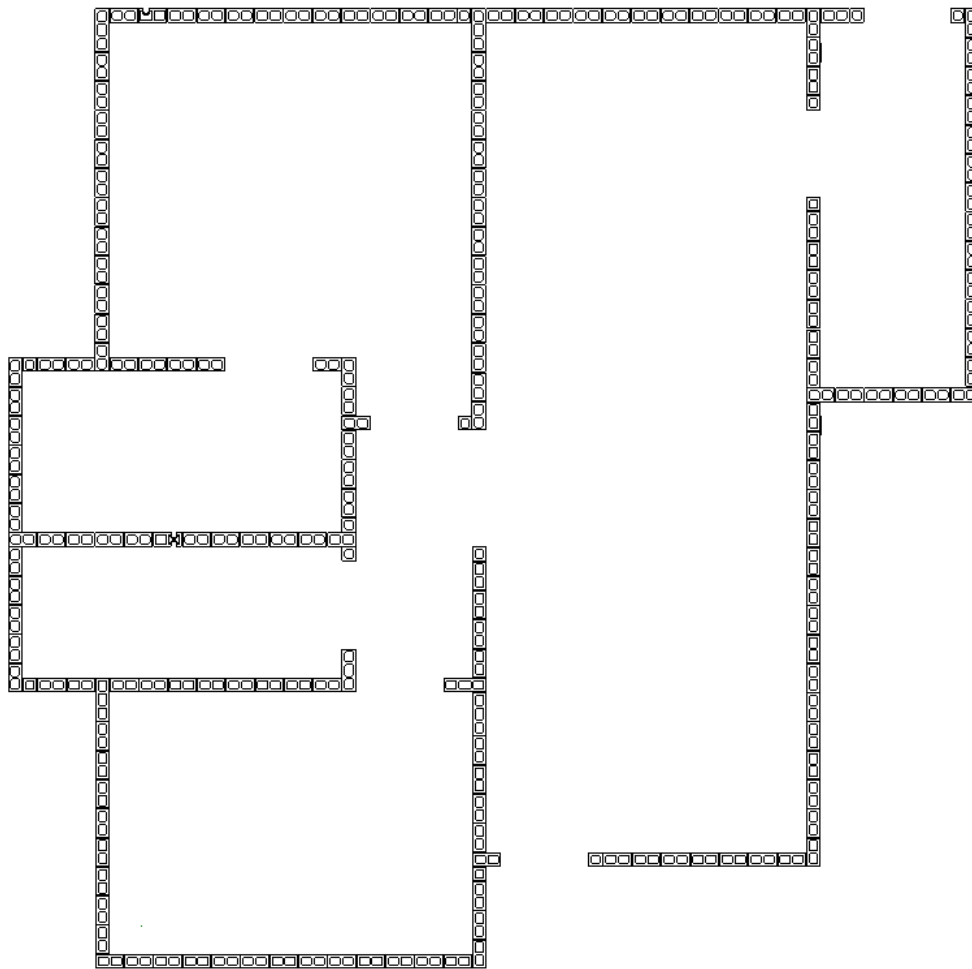
Figura 12 - Primeira fiada de blocos em vista isométrica



Fonte: o autor (2022)

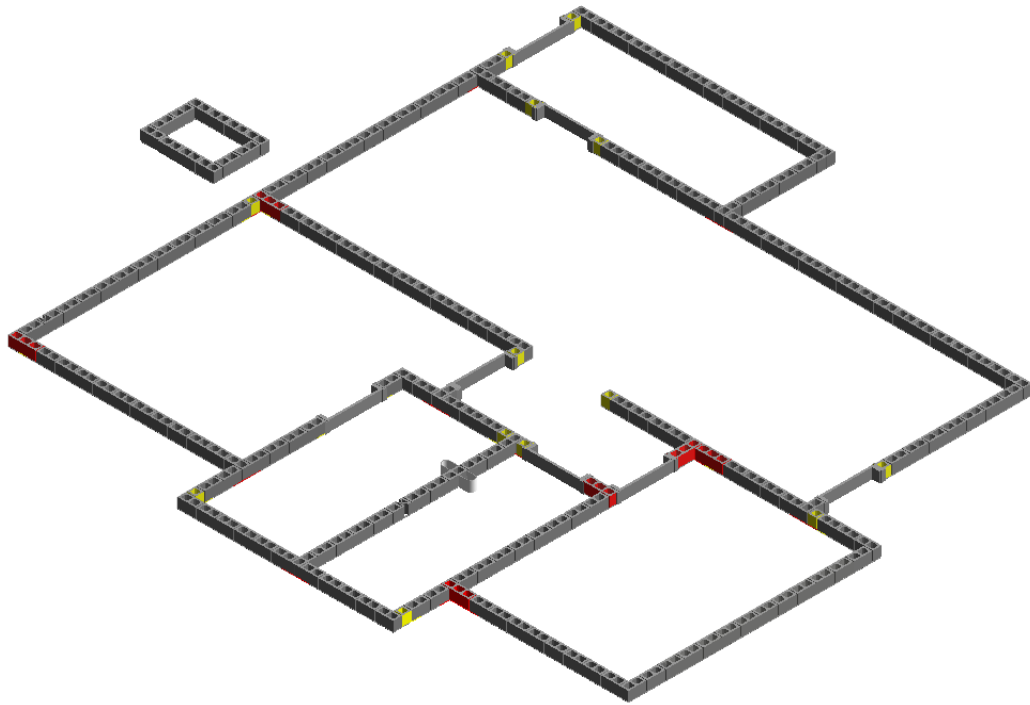
Após finalizada a fiada ímpar, efetuou-se a segunda fiada, ou fiada par, tendo o cuidado para a amarração de todos os blocos estarem adequadas, para isso muitas vezes utilizando o meio bloco e o bloco de 44 cm, como pode ser visto nas Figuras 13 e 14.

Figura 13 - Segunda fiada de blocos em planta baixa



Fonte: o autor (2022)

Figura 14 - segunda fiada em vista isométrica

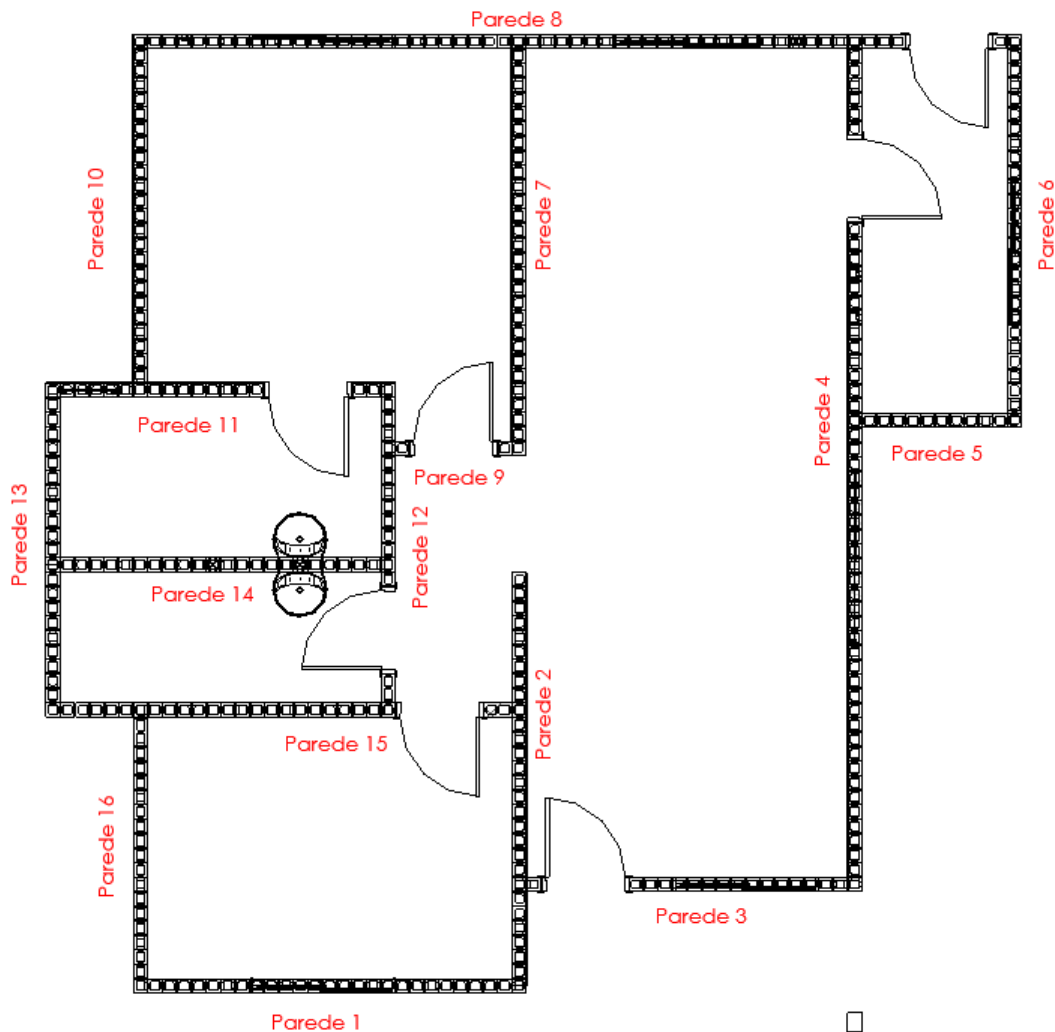


Fonte: o autor (2022)

4.1.2. Paginação das paredes

Depois de concluída a modulação das duas primeiras fiadas de blocos, as paredes foram numeradas e foram realizados cortes em todas elas para a realização da paginação, conforme mostra a Figura 15.

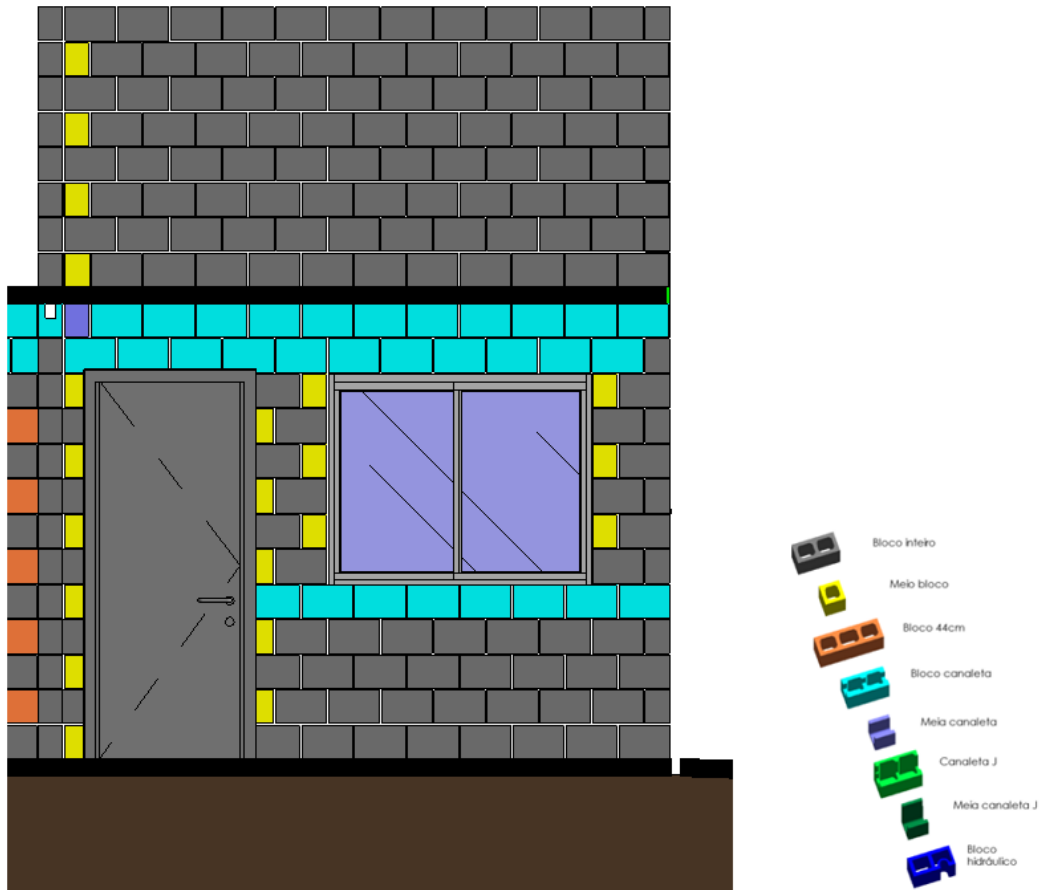
Figura 15 - Numeração das paredes



Fonte: o autor (2022)

Com os cortes de cada parede feitos, começou-se a paginação de cada parede individualmente, usando o comando matriz do *Revit*, para replicar as fiadas par e ímpar para todas as fiadas constituintes das paredes. Após as elevações das paredes serem criadas, foram realizadas as aberturas para as esquadrias, tendo o cuidado para as aberturas serem múltiplos de 15 cm, para os blocos serem encaixados corretamente. Na última fiada das paredes e nas fiadas acima e abaixo das esquadrias, foram colocados blocos canaletas, para dar origem a cinta de amarração, vergas e contravergas.

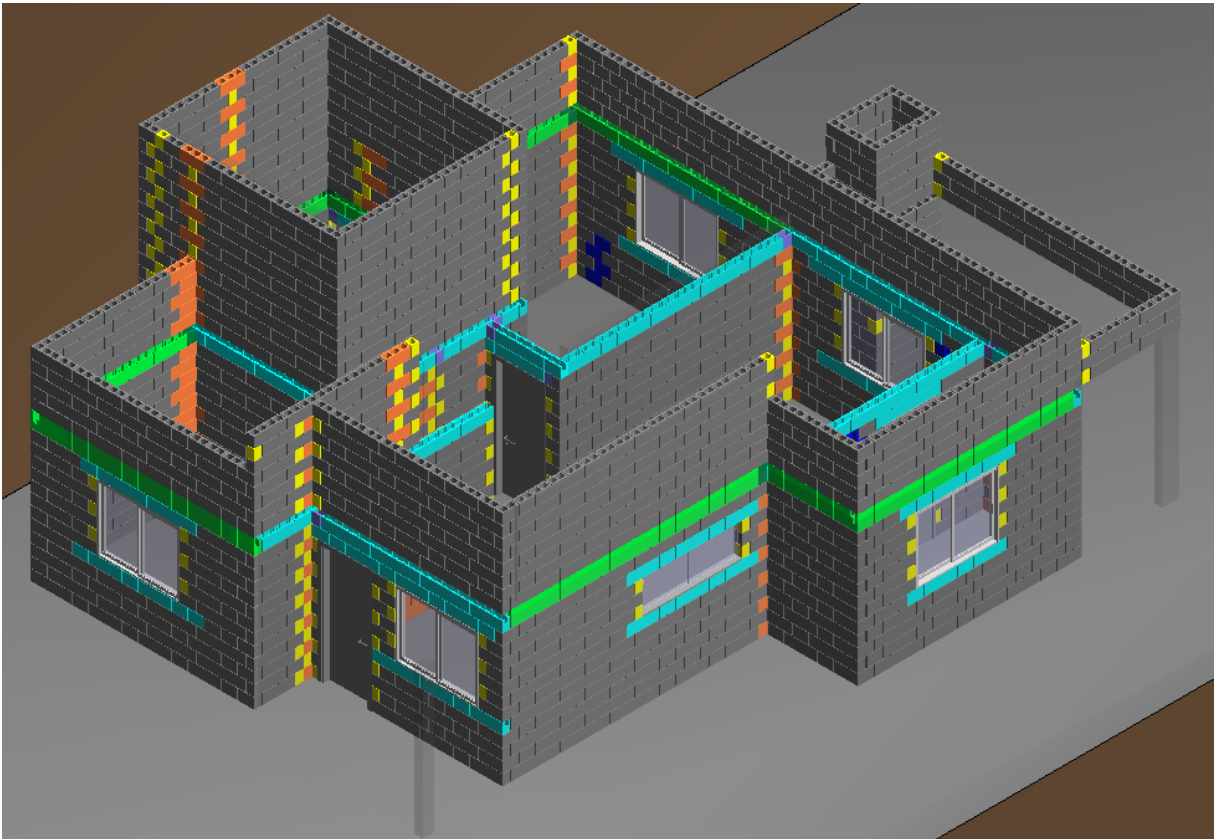
Figura 16 - paginação da parede três



Fonte: o autor (2022)

Após serem realizadas as paginações de todas as paredes, o resultado final pode ser visto na Figura 17.

Figura 17 - Vista isométrica geral da residência

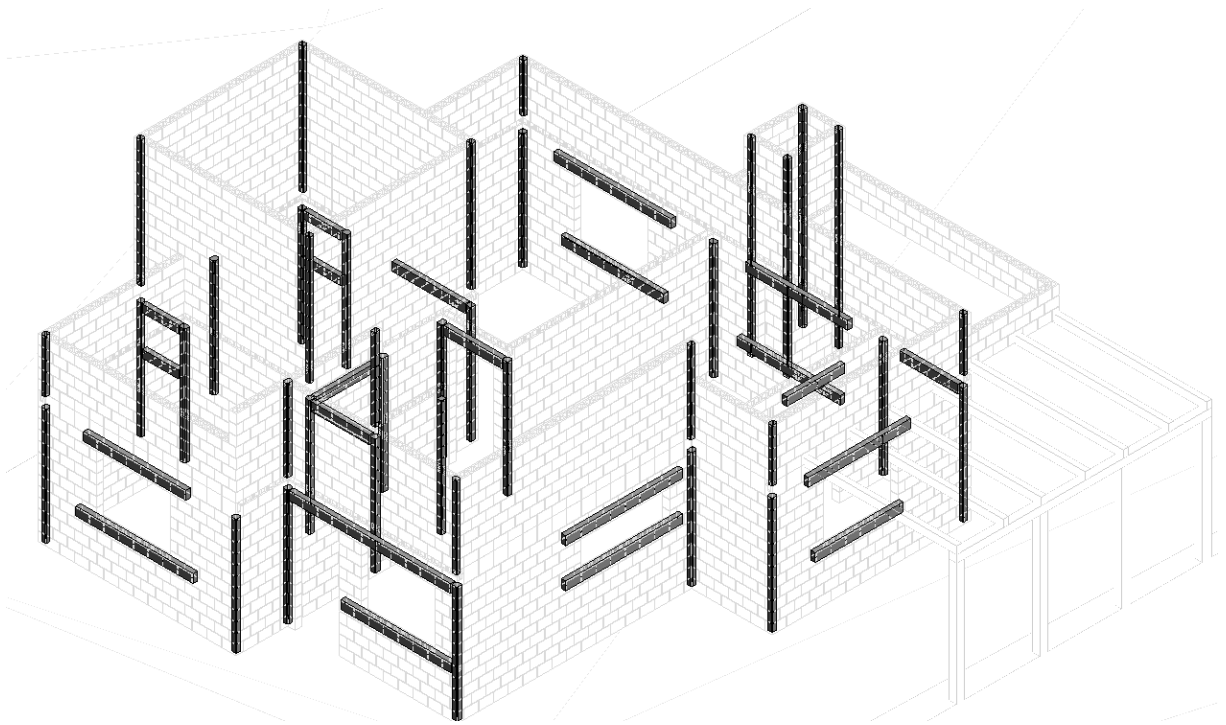


Fonte: o autor (2022)

4.1.3. Grauteamento e armaduras

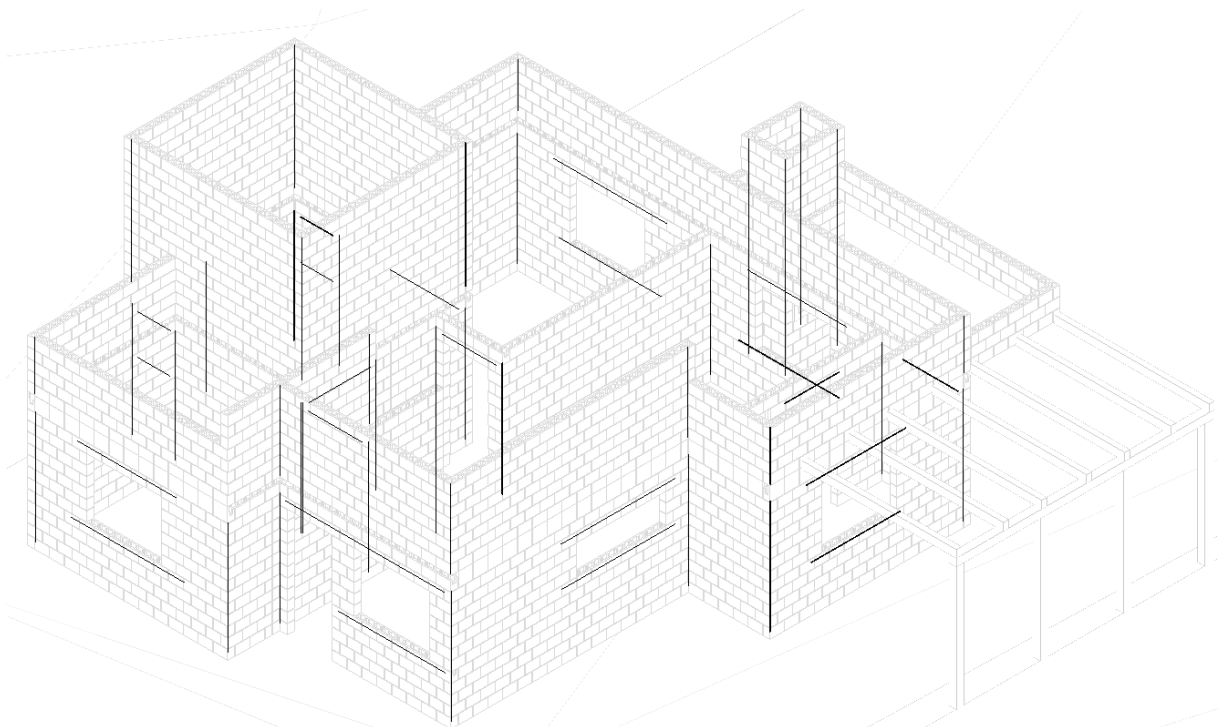
Depois da paginação de todas as paredes, fez-se o grauteamento dos pilares, vergas e contravergas e a inserção das armaduras nos grautes, conforme mostram as Figuras 18 e 19.

Figura 18 - Grauteamento dos pilares, vergas e contravergas



Fonte: o autor (2022)

Figura 19 - Armaduras inseridas dentro dos grautes



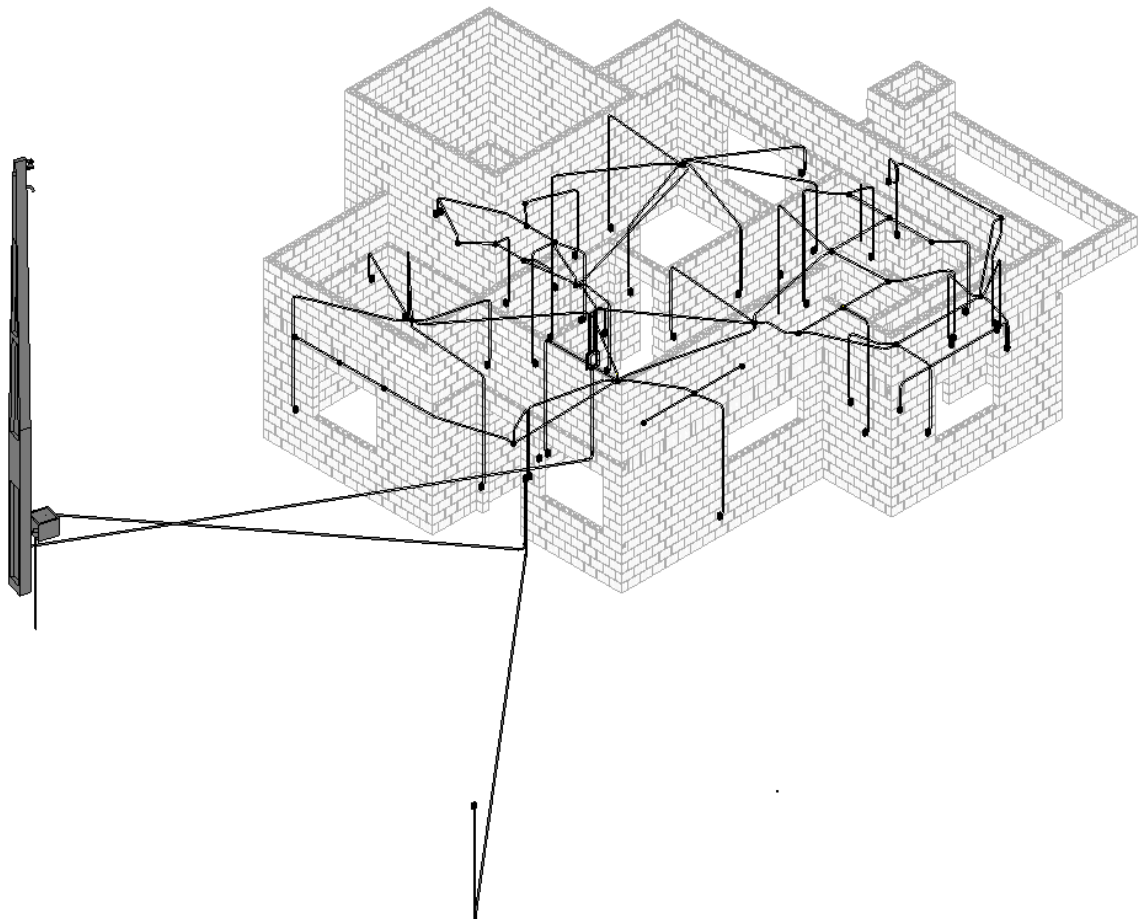
Fonte: o autor (2022)

O processo de grauteamento foi realizado com uso da ferramenta de extrusão do *Revit*. A planta completa do projeto arquitetônico e estrutural de uma das paredes pode ser melhor analisada no Anexo I.

4.2. MODELAGEM DO PROJETO ELÉTRICO

Para iniciar a modelagem do projeto elétrico, um vínculo com o projeto arquitetônico foi criado, tornando possível utilizar o projeto de arquitetura como referência para alocação dos elementos elétricos. Em seguida, fez-se a modelagem do projeto elétrico da residência seguindo todas as normas dispostas na ABNT NBR 5410/2004: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. O detalhamento pode ser visualizado na Figura 20.

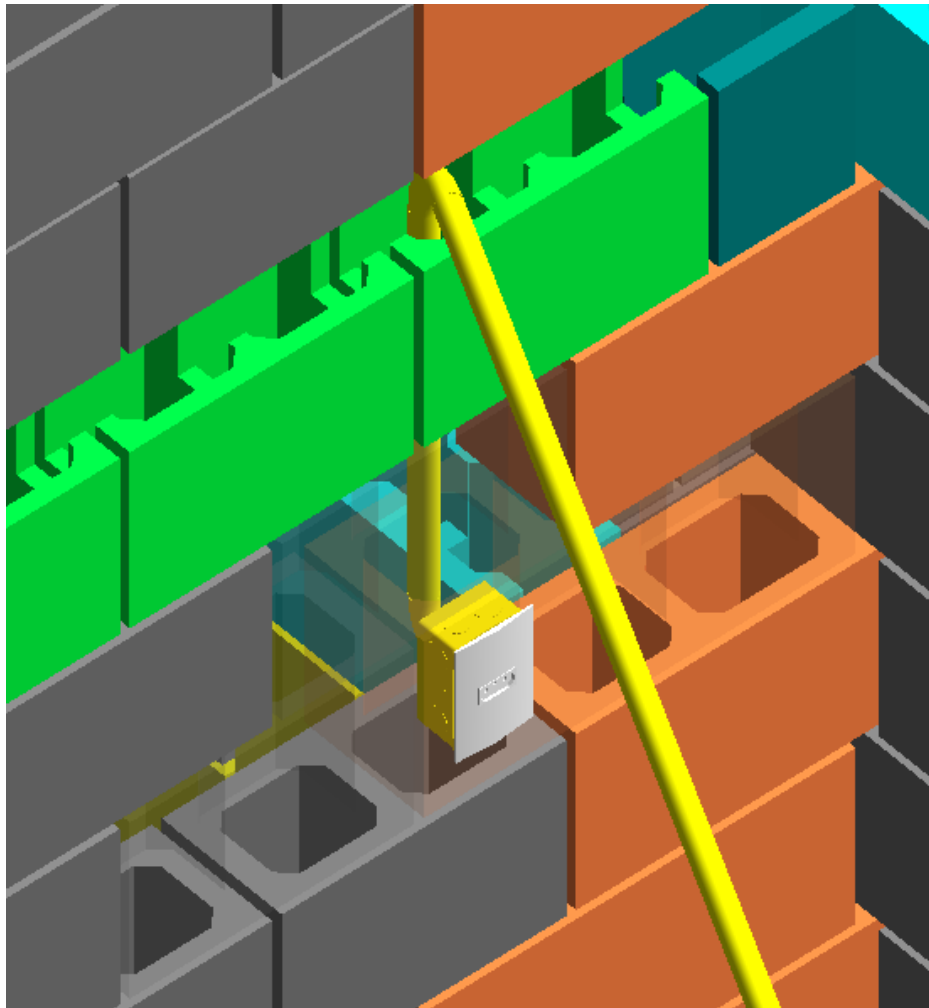
Figura 20 - Vista 3D do projeto elétrico



Fonte: o autor (2022)

O caminhamento horizontal dos conduítes foi realizado através das lajes e os caminhamentos verticais pelos alvéolos dos blocos, havendo necessidade de corte da alvenaria apenas nas saídas onde estão localizadas as tomadas e interruptores, assim como ilustra a Figura 21.

Figura 21 - Detalhe do caminhamento horizontal e vertical dos conduítes



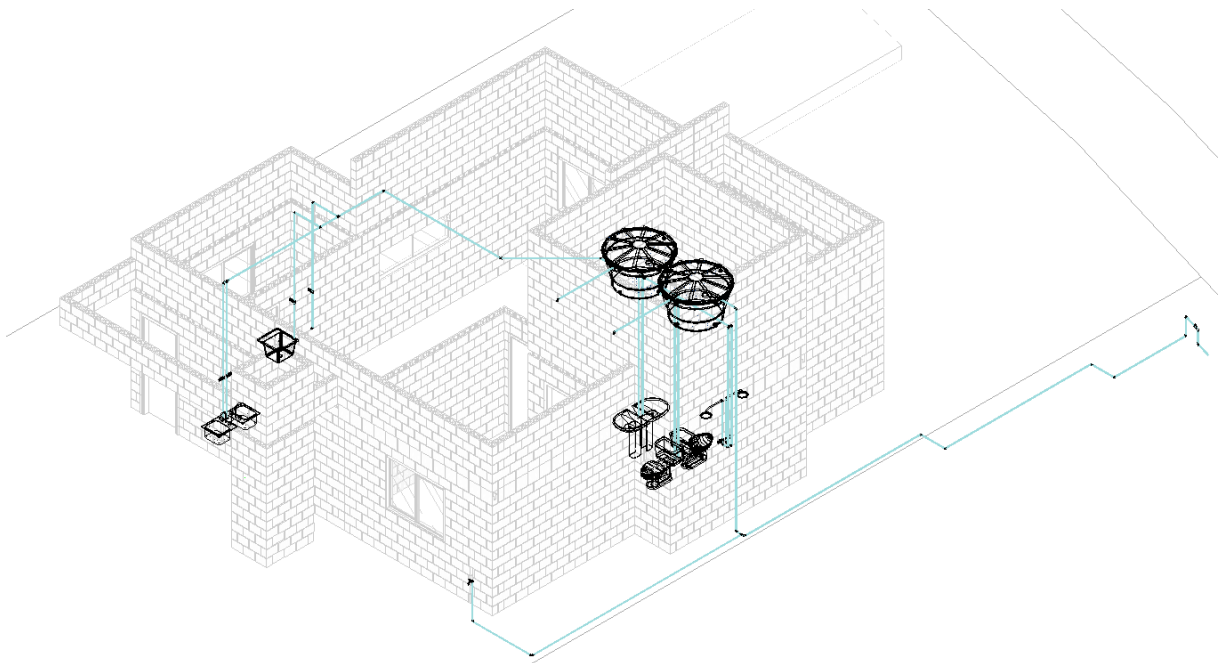
Fonte: o autor (2022)

Esses cortes devem ser previstos e calculados quando for efetuado o projeto estrutural da residência. Outra opção é utilizar blocos elétricos que já possuem as aberturas para serem chumbadas as caixinhas de passagem. O projeto elétrico completo com maiores detalhamentos está no Anexo II.

4.3. MODELAGEM DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO

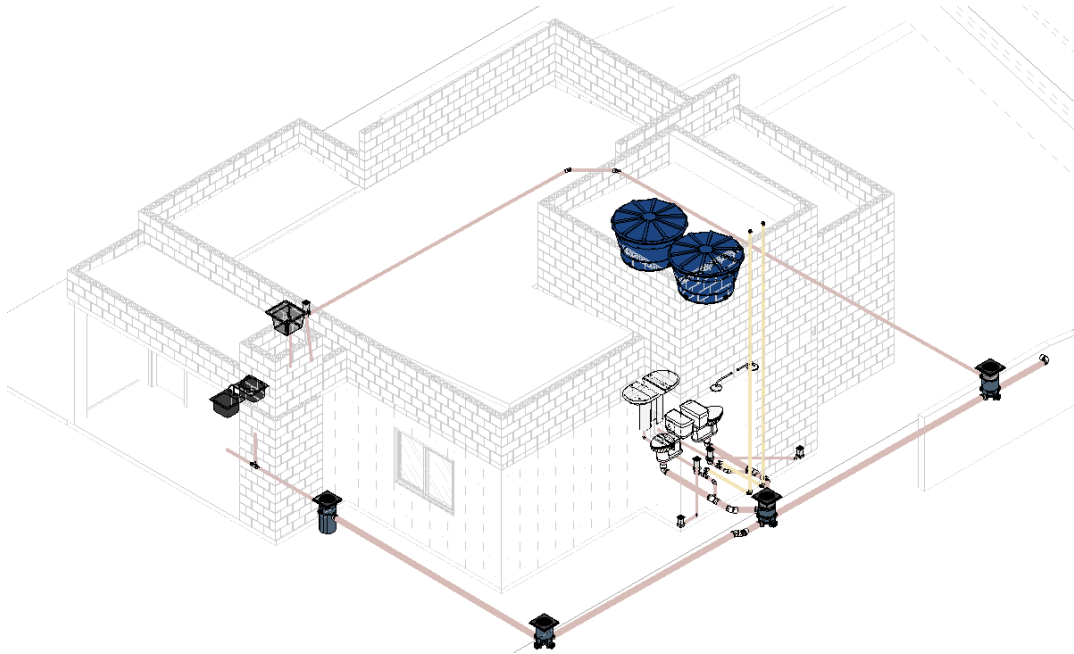
Assim como na modelagem do projeto elétrico, foi criado um novo arquivo com um template de projeto hidrossanitário e nesse arquivo criou-se um vínculo com o projeto arquitetônico. Optou-se por iniciar o projeto pelo sistema de água fria e, posteriormente, esgoto e ventilação. A fim de melhorar a visualização, também optou-se por utilizar filtros de cores diferenciando os sistemas de água fria, esgoto e ventilação. O modelo final das instalações hidrossanitárias está representado nas Figuras 22 e 23

Figura 22 - Vista geral do projeto de água fria



Fonte: o autor (2022)

Figura 23 - Vista geral do projeto de esgoto e ventilação



Fonte: o autor (2022)

Na realização da tubulação de água fria, percebeu-se uma grande diferença para a alvenaria convencional, principalmente no banheiro, onde há mais pontos de utilização. Ao invés de descer apenas uma coluna d'água e depois distribuí-la lateralmente para todos os pontos, teve-se que descer três colunas pela impossibilidade de quebra da alvenaria.

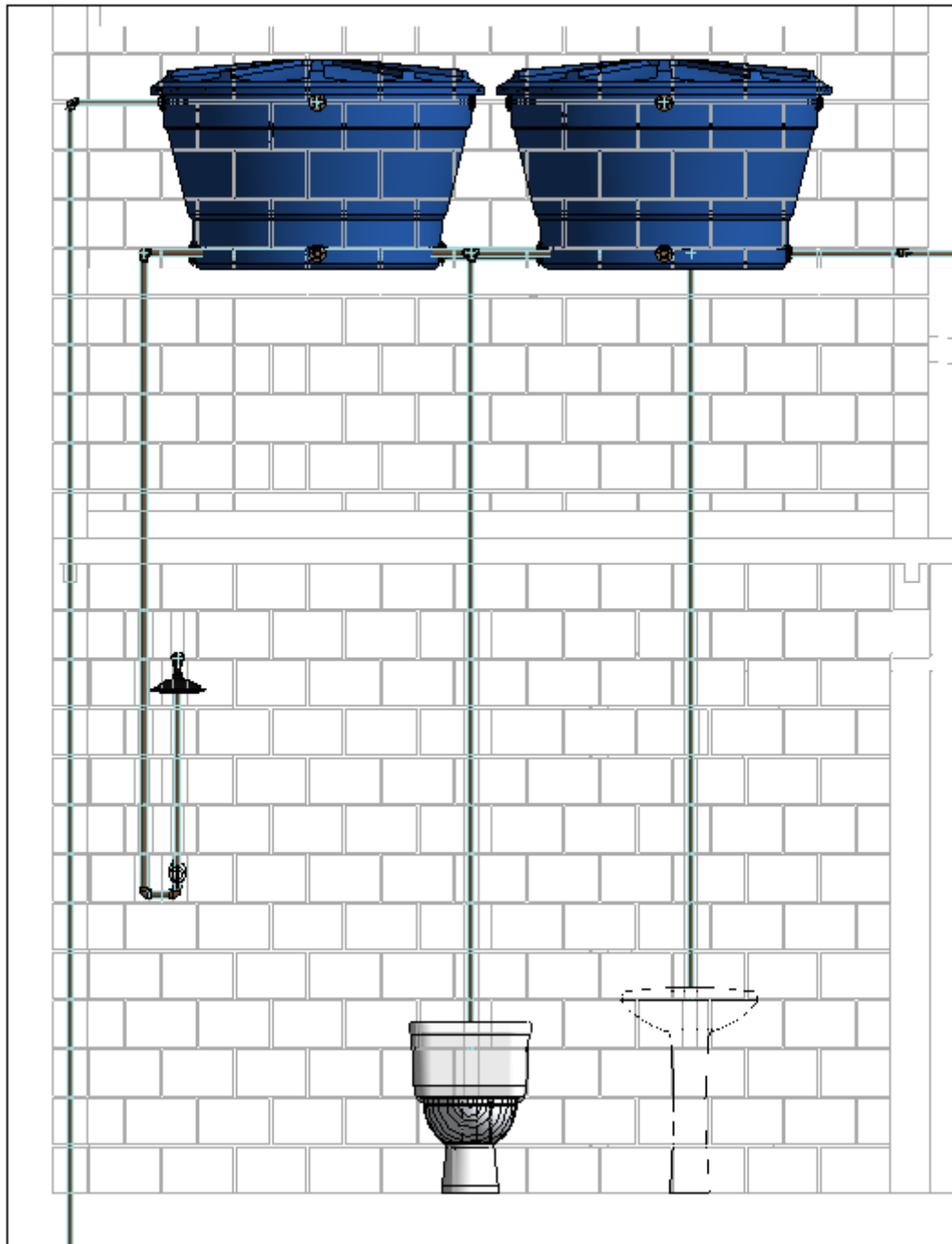
No chuveiro tiveram que ser colocados duas fileiras de blocos hidráulicos para a passagem da tubulação pelo registro de pressão. Para melhor visualização foram realizadas uma vista isométrica e um corte das instalações, como mostram as Figuras 24 e 25.

Figura 24 - Vista isométrica do banheiro social



Fonte: o autor (2022)

Figura 25 - Vista em corte do banheiro social



Fonte: o autor (2022)

O projeto hidrossanitário e de esgoto completo pode ser visto com maiores detalhes no Anexo III.

4.4. OBTENÇÃO DOS QUANTITATIVOS

A modelagem BIM é excelente para a realização de medições quantitativas de forma automática, rápida e precisa. Ao utilizar um software BIM, os elementos são quantificados automaticamente nas planilhas do usuário, além disso, essas planilhas podem ser utilizadas para o planejamento do projeto, facilitando o trabalho, tornando as quantidades mais confiáveis e tornando as pranchas mais completas. O nível de detalhe inserido durante o processo de modelagem afeta diretamente a aquisição dos dados de quantitativos. Neste trabalho foram geradas tabelas para obtenção da quantidade de blocos estruturais utilizados, do volume de concreto necessário para a concretagem de pilares, vergas e contravergas, da metragem de conduítes e fios elétricos e, por último, todos os elementos utilizados no projeto hidrossanitário. Todas as tabelas geradas estão dispostas a seguir:

Tabela 1 - Quantitativo de blocos de concreto

Levantamento dos blocos de concreto	
Família e tipo	Contagem
Bloco de Concreto - Amarração T: Família 15 x 30 - Classe A	131
Bloco de Concreto - Canaleta Inteira: Família 15 x 30 - Classe A	242
Bloco de Concreto - Canaleta J: Família 15 x 30 - Classe C	96
Bloco de Concreto - Hidráulico Duplo: Família 20 x 40 - Classe A	18
Bloco de Concreto - Hidráulico: Família 20 x 40 - Classe A	11
Bloco de Concreto - Inteiro: Família 15 x 30 - Classe A	3254
Bloco de Concreto - Meia Canaleta J: Família 15 x 30 - Classe A	6
Bloco de Concreto - Meia Canaleta: Família 15 x 30 - Classe A	15
Bloco de Concreto - Meio: Família 15 x 30 - Classe A	248

Fonte: o autor (2022)

Tabela 2 - Quantitativo do volume de concreto utilizado nos pilares, vergas e contravergas

Quantitativo de graute		
Tipo	Contagem	Volume
Contraverga	8	0,23 m ³
Verga	14	0,36 m ³
Pilares	21	0,93m ³
Total geral		1,52 m³

Fonte: o autor (2022)

Tabela 3 - Lista de eletrodutos

Lista de Materiais - Eletrodutos		
Descrição do Material	Diâmetro Nominal	Comprimento (m)
Eletroduto de PVC Rígido Roscável, antichama, na cor preta	Ø25	45,89 m
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo anti chamas	Ø32	6,46 m
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo anti chamas	Ø25	190,92 m

Fonte: o autor (2022)

Tabela 4 - Quantitativo de condutores elétricos em metros

Quantitativo de condutores elétricos em metros (Cobre/Un/Isol. PVC/750V/70°C)												
(FA- Condutor Fase A), (FB- Condutor Fase B), (FC- Condutor Fase C), (N - Condutor Neutro), (PE - Condutor Terra), (Re - Condutor de Retorno)												
Sugestão de Cores para os condutores- FA: Vermelho, FB: Preto, FC:Amarelo, N: Azul Claro, PE: Verde												
FA-2,5 mm ²	FA-6,0 mm ²	FA-16,0 mm ²	FB-2,5 mm ²	FB-6,0 mm ²	FB-16,0 mm ²	N-2,5 mm ²	N-6,0 mm ²	N-16,0 mm ²	PE-2,5 mm ²	PE-6,0 mm ²	PE-16,0 mm ²	Re-2,5 mm ²
65,8	5,3	12,6	44,7	8,4	12,6	136,5	13,6	12,6	64,6	12,8	12,6	115,5

Fonte: o autor (2022)

Tabela 5 - Quantitativo de tubos

Tabela de tubos	
COMPRIMENTO	DIÂMETRO
PVC - Agua Fria - Tubo Soldável	
1967.97 cm	20 mm
5348.99 cm	25 mm
37.30 cm	50 mm
PVC - Esgoto - Série Normal	
929.94 cm	40 mm
2122.09 cm	50 mm
2444.26 cm	100 mm
PVC - Ventilação - Série Normal	
1369.01 cm	50 mm

Tabela 6 - Quantitativos de conexões de tubo

Tabela de conexões de tubos					
QTD	DESCRIÇÃO DO PRODUTO				
Água Fria					
9	Bucha de Redução Soldável Curta 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE				
1	Cruzeta Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE				
6	Joelho 45º Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE				
3	Joelho 90º Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE				
22	Joelho 90º Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE				
5	Joelho 90º Soldável com Bucha de Latão 20 x 1/2", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE				
6	Joelho 90º Soldável com Bucha de Latão 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE				
2	Tê de Redução Soldável 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE				
5	Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE				
Esgoto					

2	Adaptador para Saída de Vaso Sanitário 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
4	Joelho 45º 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
4	Joelho 45º 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
2	Joelho 45º 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
1	Joelho 90º 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
4	Joelho 90º 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
3	Joelho 90º 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
1	Junção Simples 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
2	Junção Simples 100 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
11	Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
7	Luva Simples 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
2	Terminal de Ventilação 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
2	Tê 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE

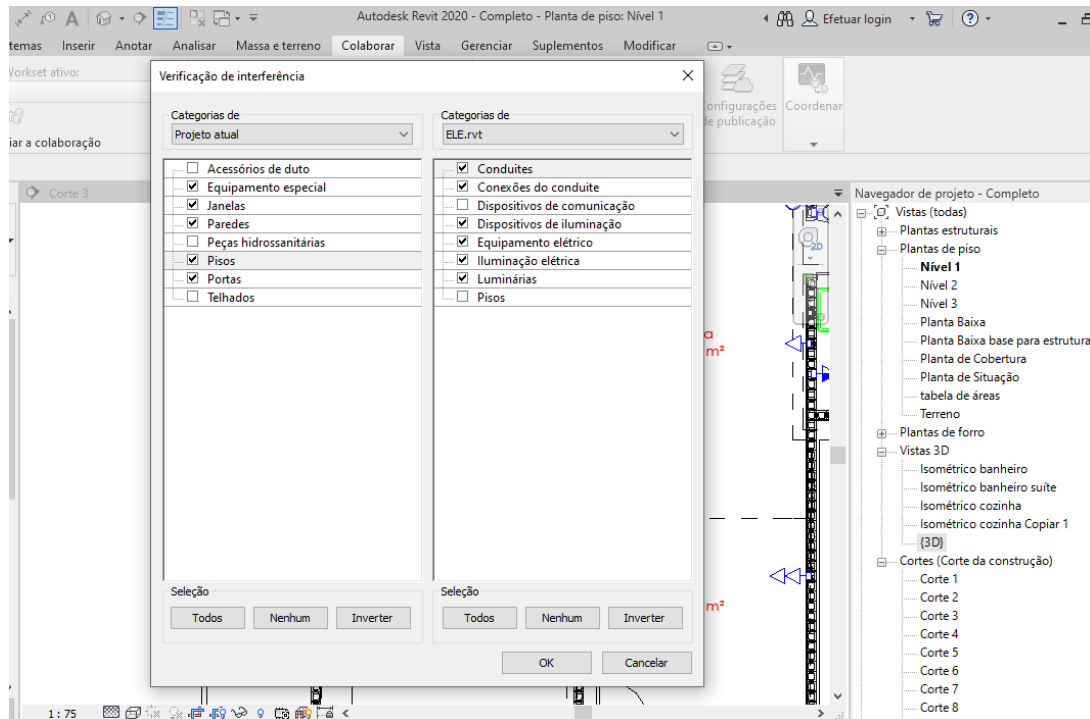
Fonte: o autor (2022)

4.5. COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS

Neste capítulo foram listados todas as verificações de interferências realizadas entre os projetos arquitetônico, elétrico, hidrossanitário e estrutural.

4.5.1. Compatibilização do projeto arquitetônico/estrutural e projeto elétrico

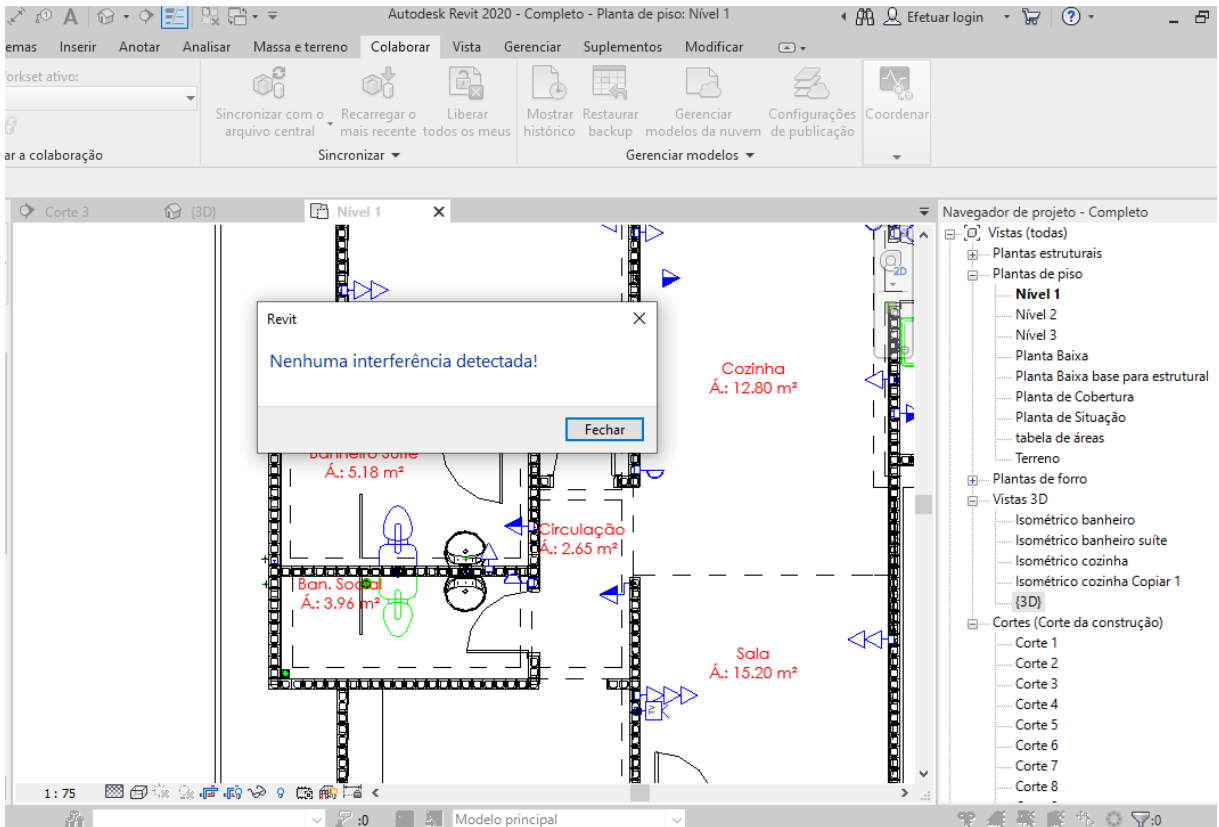
Para realizar as compatibilizações, foi utilizada a ferramenta do *Revit* “Verificação de interferências”, selecionando do projeto arquitetônico e do projeto elétrico as categorias desejadas para a verificação de interferências, como mostrado na Figura 26.

Figura 26 - Configurações adotadas para compatibilização entre os projetos

Fonte: o autor (2022)

Após a verificação, constatou-se que não houve nenhuma interferência entre os elementos selecionados, conforme pode ser observado na Figura 27.

Figura 27 - Resultado da verificação de interferências



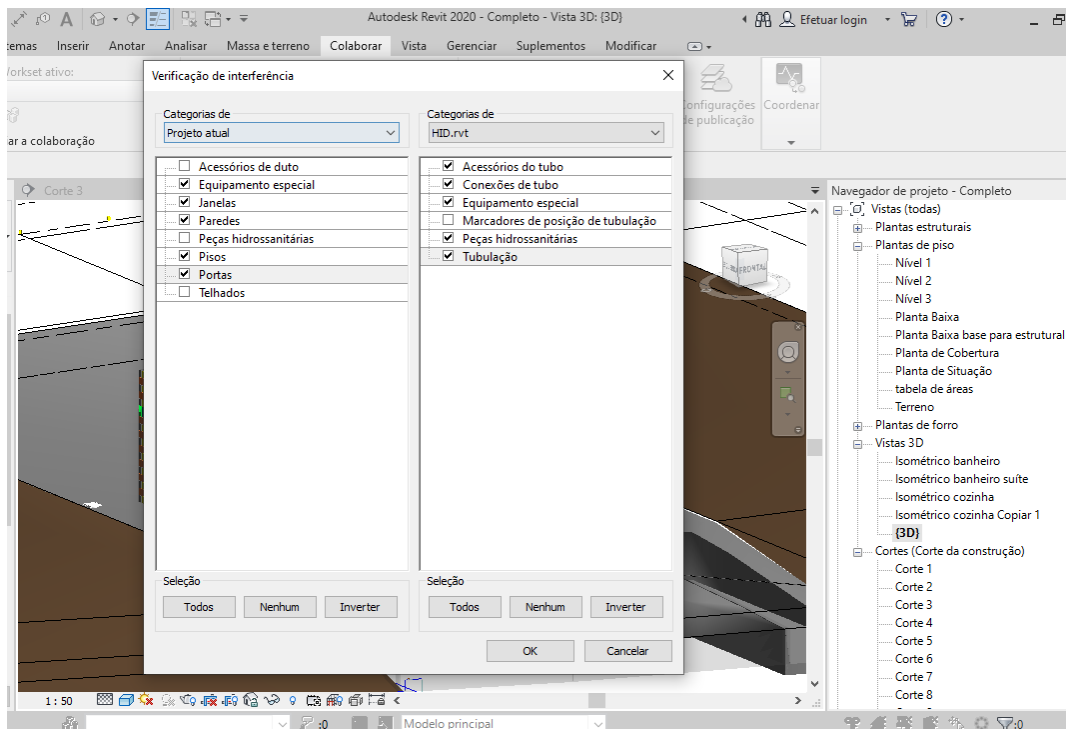
Fonte: o autor (2022)

4.5.2. Compatibilização do projeto arquitetônico/estrutural e projeto hidrossanitário

Para a compatibilização do projeto arquitetônico com o projeto hidrossanitário foi usada a mesma metodologia do processo anterior, apenas mudando as categorias para o projeto hidrossanitário.

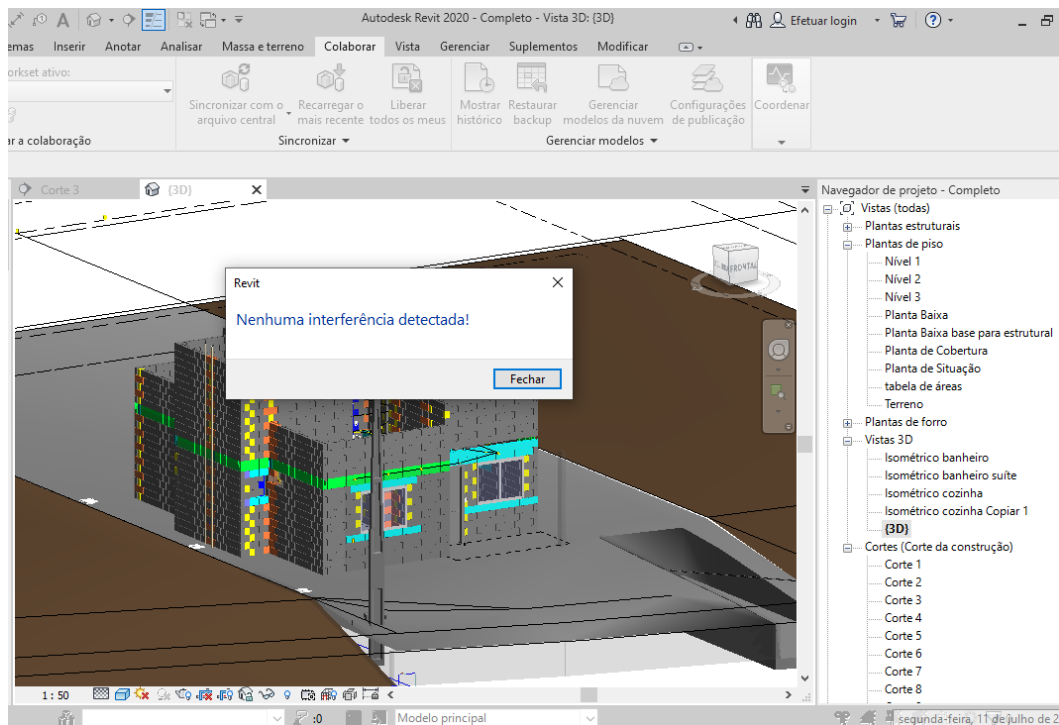
As configurações adotadas e o resultado da verificação são observadas nas Figuras 28 e 29.

Figura 28 - Configurações adotadas para a compatibilização entre os projetos



Fonte: o autor (2022)

Figura 29 - Resultado da verificação de interferências

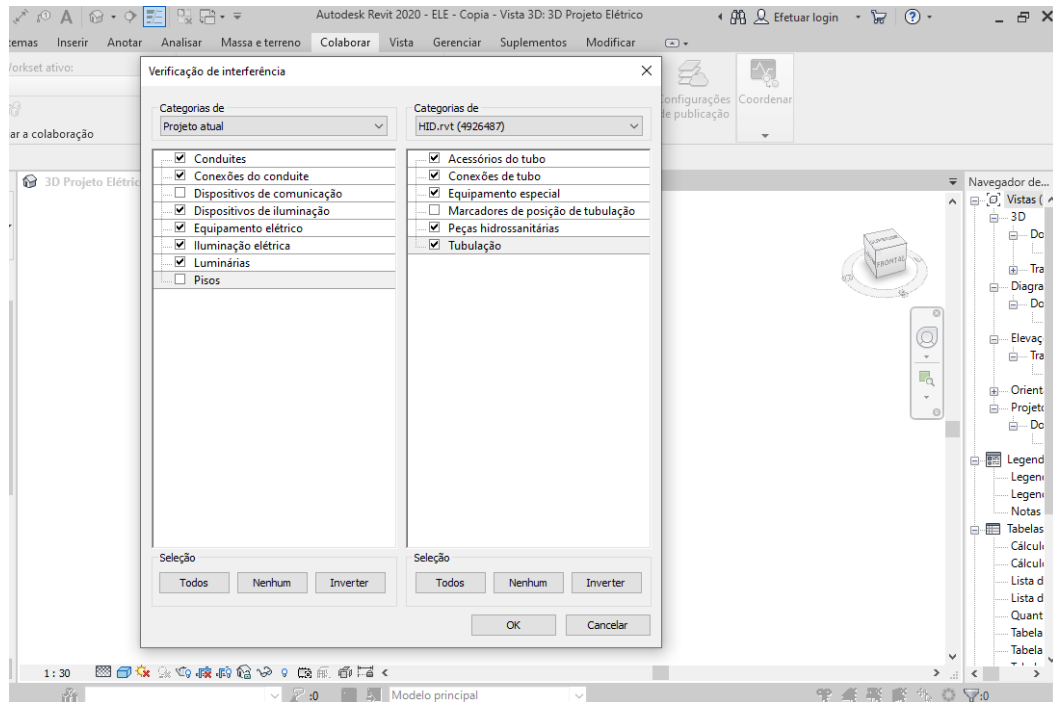


Fonte: o autor (2022)

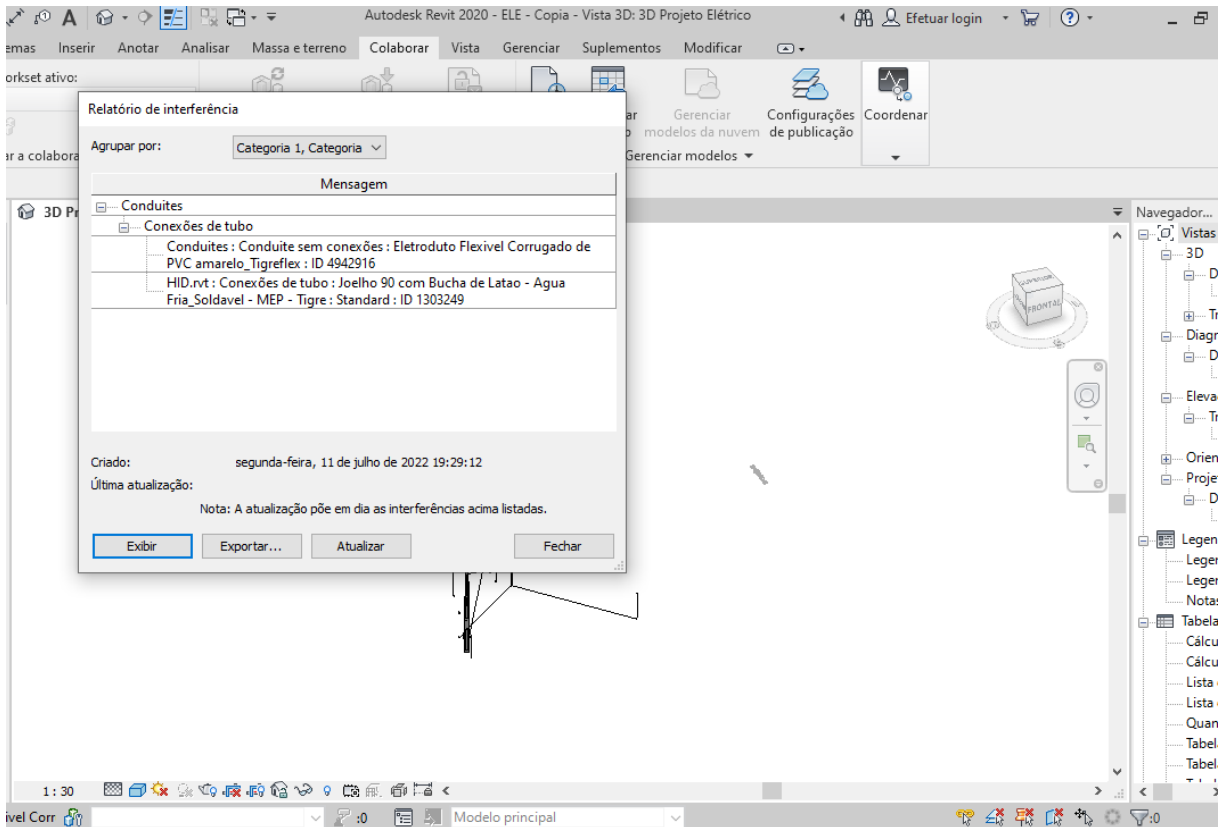
4.5.3. Compatibilização do projeto elétrico e projeto hidrossanitário

Por fim, foi realizada a compatibilização entre os projetos elétrico e hidrossanitário, adotando o mesmo procedimento que os anteriores, mostrados a seguir nas Figuras 30 e 31.

Figura 30 - Configurações adotadas para a compatibilização

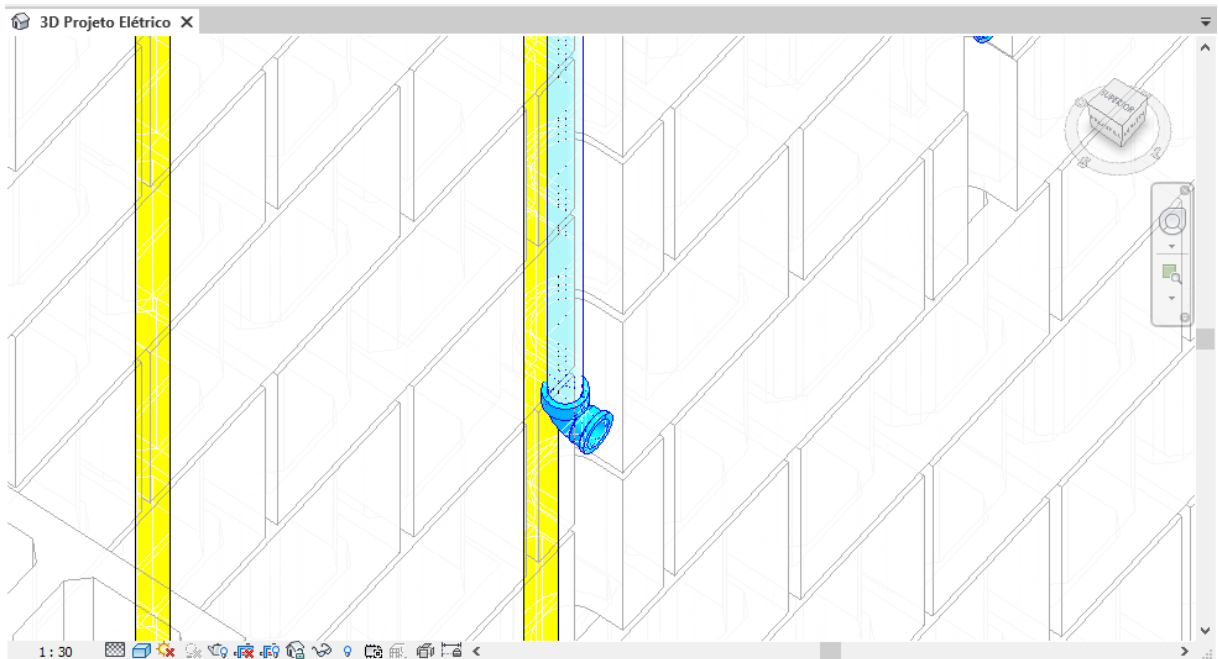


Fonte: o autor (2022)

Figura 31 - Resultado da compatibilização realizada

Fonte: o autor (2022)

Como mostrado na Figura 31, houve uma interferência entre uma bucha de latão e um eletroduto. Selecionando um dos dois itens, eles são destacados nas plantas, podendo ser facilmente encontrados para a solução da incompatibilidade.

Figura 32 - Incompatibilidade encontrada

Fonte: o autor (2022)

Para resolver essa incompatibilidade foi necessário fazer o deslocamento lateral do conduíte para não interferir mais com a bucha de latão.

5 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho foi possível avaliar o potencial no uso de ferramentas do programa *Revit*, da *Autodesk*, um programa que explora o BIM e está sendo comumente usado em projetos, com uma frequência cada vez maior, em todo o Brasil. Apesar do estudo de caso envolvendo um projeto em alvenaria estrutural de uma residência em BIM ser trabalhoso, o presente estudo torna-se relevante a quem, como projetista, está começando a trabalhar com a tecnologia ou busca compreender a relevância acerca da compatibilidade entre projetos de uma residência em alvenaria estrutura, face ao potencial que modelagem BIM proporciona

O uso da metodologia BIM possibilitou a visualização de forma didática e precisa do empreendimento, sendo sua utilização essencial para a modulação do projeto arquitetônico e estrutural, com posterior compatibilização com os projetos elétrico e hidrossanitário, verificando as interferências que são identificadas e solucionadas antes mesmo de chegarem ao canteiro de obras.

A metodologia BIM mostrou-se eficiente na eliminação de erros de projeto na fase de concepção, de modo a possibilitar a correção destas ainda em fase de planejamento, o que é de fundamental importância para evitar problemas durante a execução da obra. Além disso, a inserção de vínculos provenientes de outros modelos de projeto gerou mais clareza na modelagem.

O desenvolvimento da metodologia BIM, portanto, apresenta-se como uma ferramenta de fundamental importância para o avanço do setor da construção civil, pois possibilita a elaboração de projetos mais precisos, de modo a refletir no aumento da produtividade, otimização de materiais e mão de obra e, principalmente, na redução de custos durante a execução da obra. Em um futuro próximo, crê-se que as plantas impressas serão substituídas por modelos em BIM, fazendo assim com que muitas das dificuldades encontradas ao decorrer da fase projetual sejam minimizadas ou até mesmo extintas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1/2021**: Alvenaria estrutural. Parte 1: Projeto. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 70 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-2/2021**: Alvenaria estrutural. Parte 2: Execução e controle de obras. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 23 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160/1999**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - projeto e execução. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. 74 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626/2020**: Sistemas prediais de água fria e água quente - projeto, execução, operação e manutenção. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 55 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136/2016**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. 5 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 10 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 5410/2004**: Instalações elétricas de baixa tensão. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 209 p.
- CELERE, **Celere**, 2019. Tipos de blocos de concreto e suas aplicações na construção civil. Disponível em: <https://celere-ce.com.br>. Acesso em: 03 jun 2022.
- CONSTRUINDO CASAS, **Construindo Casas**, 2021. Alvenaria estrutural: o que é e como fazer? Disponível em: <https://construindocasas.com.br>. Acesso em 25 mai 2022.
- DELLATORRE, L.A. **Análise comparativa de custo entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional**. 2014. 79 f. TCC Graduação Engenharia Civil UFSM, Santa Maria, RS. Disponível em: <http://www.ct.ufsm.br/>. Acesso em 26 jan.2022.
- EASTMAN, C et al. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 1ª ed. 483 p.
- FACHINELLO, **Fachinello Engenharia e Pré Moldados**, 2021. Disponível em: <http://www.fachinello.com.br>. Acesso em 25 mai 2022.
- FIGUEIRÓ, Wendell O. **Racionalização do Processo Construtivo de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. 2009. 75 f. Monografia (Curso de Especialização em

Construção Civil)- Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<https://docplayer.com.br>>. Acesso em 24 jan. de 2022.

GOMES, J. *et al.* **Análise comparativa do sistema construtivo de alvenaria convencional e sistema construtivo de alvenaria estrutural em uma casa térrea em Teófilo Otoni.** 2018. 17p. Faculdade Presidente Antônio Carlos, Minas Gerais. Disponível em: <<https://bityli.com/BBAXC>>. Acesso em 24 jan. de 2022.

JACOBY, Pablo Cardoso. **Comparação de custos de um edifício residencial executado em alvenaria estrutural e em concreto armado.** 2011. 18 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net>>. Acesso em 24 jan. 2022.

JONATAS ALEXANDRE, **DetalhamentoCAD,** 2019. Disponível em: <https://jonatasalexandre.com.br>. Acesso em: 03 jun 2022.

JÚNIOR, E.L.S. *et al.* **Viabilidade econômica entre alvenaria estrutural e estrutura convencional em concreto armado para empreendimento em Recife-PE.** 2018. 5 f. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Disponível em: <<https://www.confea.org.br>>. Acesso em 26 jan. 2022.

MACEDO, L.F. **Compatibilização de projetos de um pavimento tipo em alvenaria estrutural com uso do BIM.** 2018. TCC Graduação Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br>>. Acesso em 24 mai 2022.

MACHADO, M.S. **Projeto de alvenaria estrutural desenvolvido em BIM - Um estudo de caso: edifício de alvenaria estrutural.** 2017. TCC Graduação UFRGS, Porto Alegre, RS. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br>>. Acesso em 24 mai 2022.

MIOLA, A.J. **Comparativo de custos de sistemas construtivos: convencional, steel frame e alvenaria estrutural.** 2019. 129 f. TCC Graduação Engenharia Civil UTFPR, Toledo, PR. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br>>. Acesso em 26 jan. 2022

MOHAMAD, G. **Construções em alvenaria estrutural.** 2ª Edição. Santa Maria. Editora Blucher. 2015.

PEREIRA, T.S.P. *et al.* **Estudo Comparativo Entre Alvenaria Estrutural e Alvenaria de Vedação Comum.** 2014. 2 f. Curso de Engenharia Civil UNIUBE.


Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br>>. Acesso em 26 jan.2022.

SATO, D; SANTOS, V.M dos. **A Tecnologia BIM Aplicada nos Projetos de Alvenaria Estrutural**. 2018. TCC Graduação Centro Universitário de Itapira (UNIESI), Itapira, SP. Disponível em: <<http://rangellage.com.br>>. Acesso em 18 mai 2022.


STEELPRO ENGENHARIA. **SteelPRO Engenharia**, 2018. Alvenaria Estrutural. Disponível em: <https://www.steelpro.eng.br>. Acesso em: 18 mai 2022.

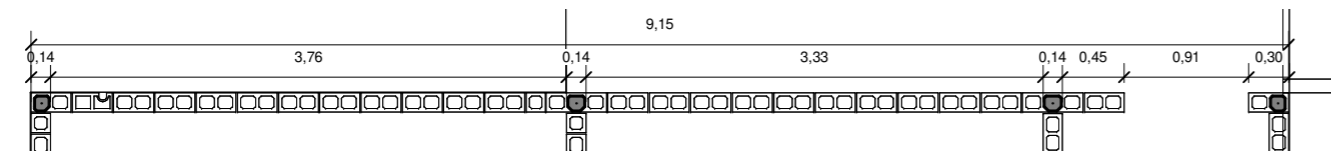
THÓRUS ENGENHARIA. **Thórus Engenharia**, 2020. Análise automatizada clash detection através de regras de verificação. Disponível em: <https://thorusengenharia.com.br>. Acesso em: 24 jun 2022.

ANEXOS

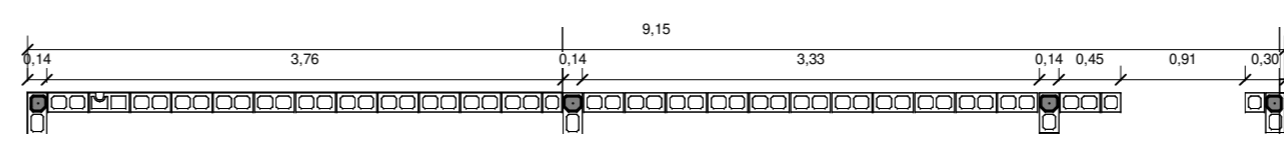
Anexo I - Paginação da parede oito -  EST.pdf

Anexo II - Projeto Elétrico -  ELE.pdf

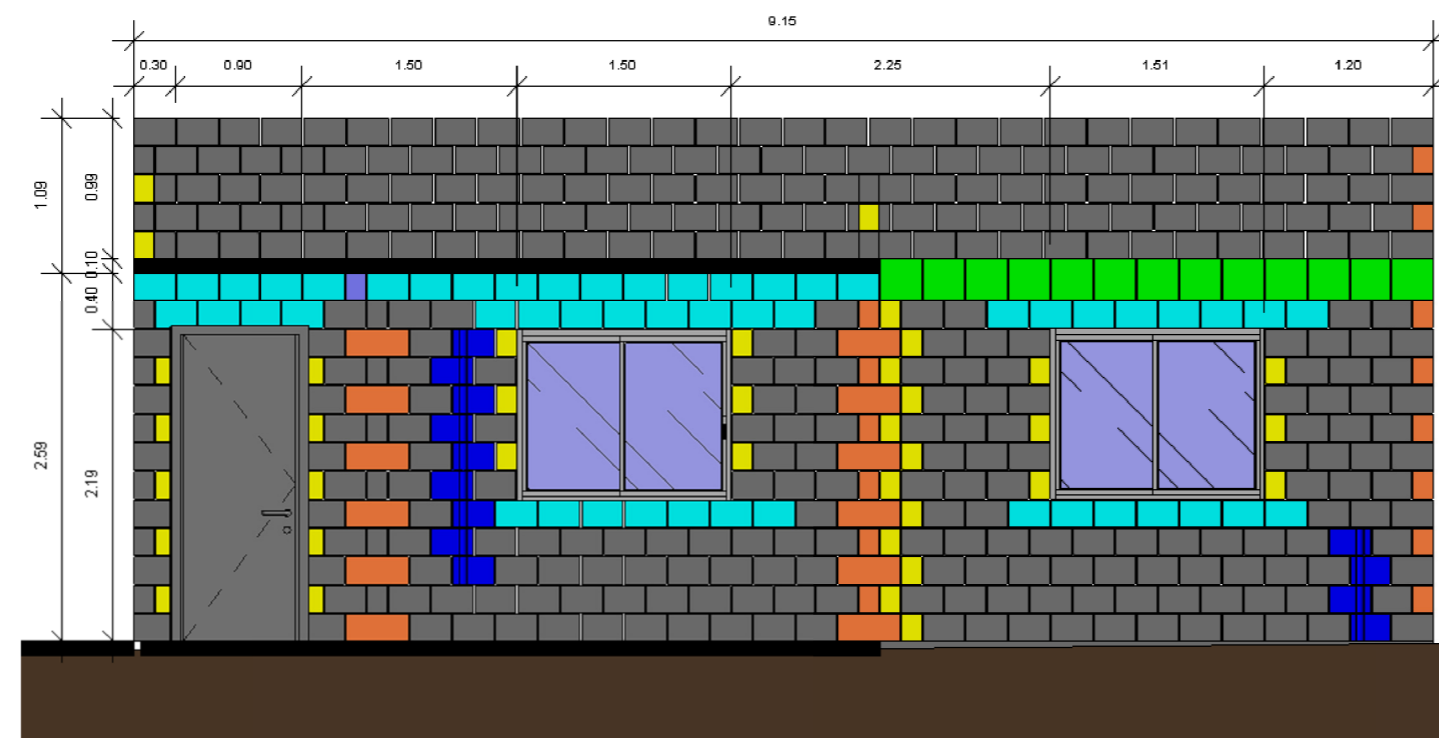
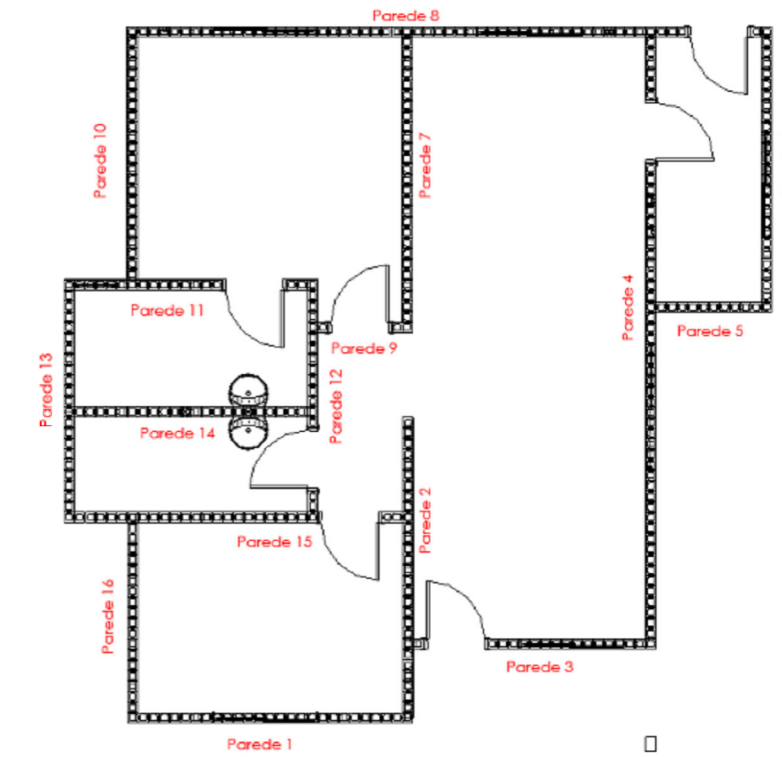
Anexo III - Projeto Hidrossanitário -  HID.pdf



1 FIADA ÍMPAR P8
ESCALA 1 : 50



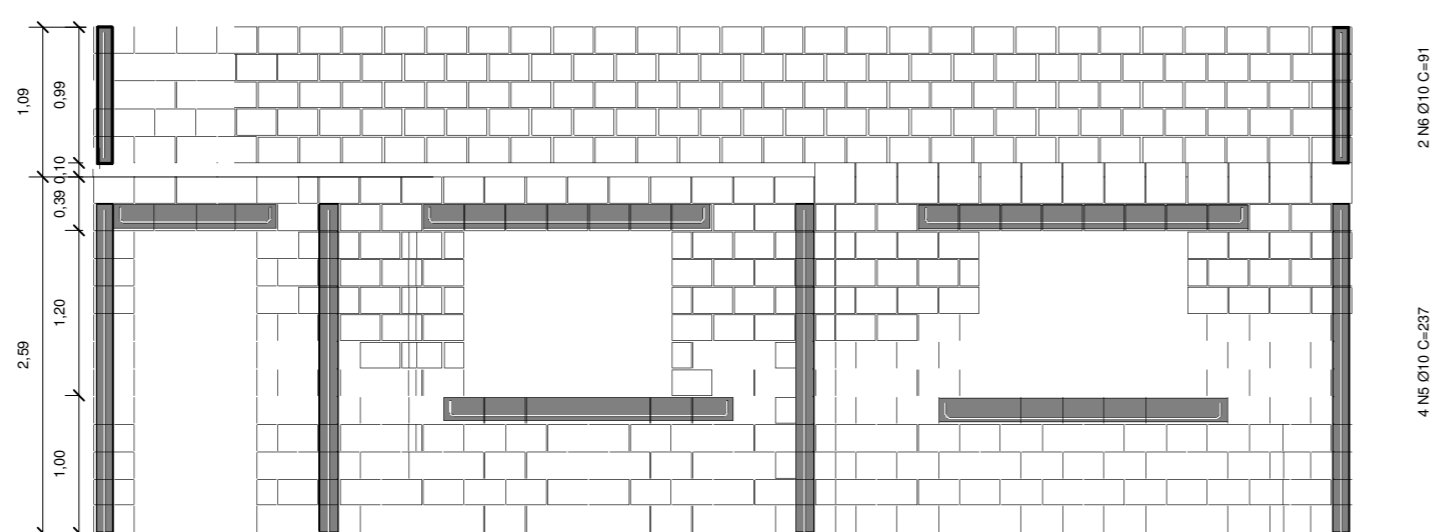
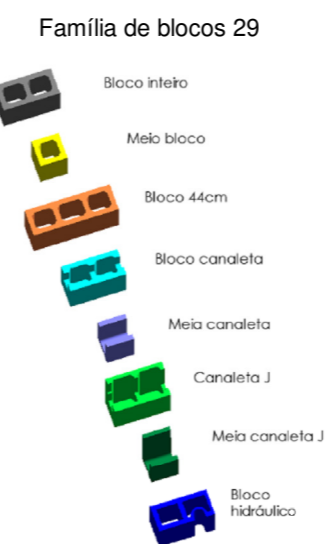
2 FIADA PAR P8
ESCALA 1 : 50



3 PAREDE 8
1 : 50

QUANTITATIVO DE BLOCOS

- Blocos inteiros - 324
- Blocos 44 cm - 12
- Meio bloco - 36
- Canaleta - 51
- Meia canaleta - 1
- Bloco J - 13
- Bloco hidráulico - 13



4 EST PAREDE 8
ESCALA 1 : 50

ANEXO I - PAGINAÇÃO PAREDE 8

FOLHA ÚNICA

DESCRIÇÃO : PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL
 LOCAL :
 PROPRIETÁRIO (A):
 INSC. CAD. :
 ESCALA : INDICADAS

DATA : NOV/2022

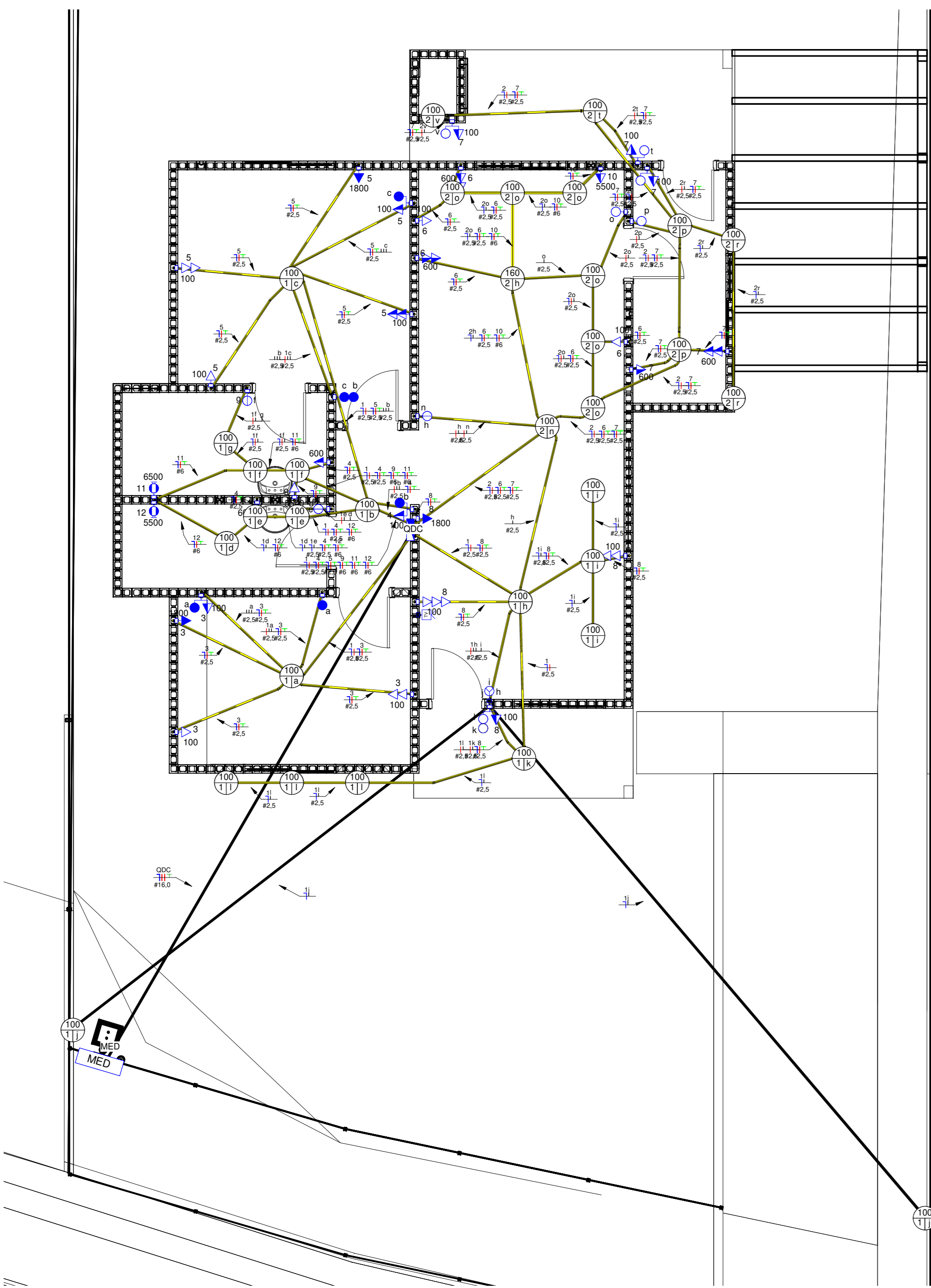
DECLARO QUE A APROVAÇÃO DO PROJETO NÃO IMPLICA NO RECONHECIMENTO, POR PARTE DA PREFEITURA, DO DIREITO DE PROPRIEDADE DO TERRENO.

PROPRIETÁRIO

AUTOR DO PROJETO E RESPONSÁVEL TÉCNICO
MURILLO ZEISER

ÁREAS

CARIMBOS DA PREFEITURA



Planta Baixa
T: 50

Lista de Materiais - Eletrodutos			
Descrição do Material	Diâmetro Nominal	Comprimento (m)	Referência de Fabricante
Eletroduto de PVC Rígido, Roscável, anti chama, na cor preto, conforme NBR 15460	Ø25	45,89 m	Tigre ou equivalente
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antracina, conforme NBR 15460	Ø32	6,46 m	Tigre ou equivalente
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antracina, conforme NBR 15460	Ø25	190,92 m	Tigre ou equivalente

Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso, embudo em caixa 4x2
Tomada Média 2P+T, 10A, a 120cm do piso, embudo em caixa 4x2
Tomada Alta 2P+T, 10A, a 210cm do piso, embudo em caixa 4x2
Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso, embudo em caixa 4x2
Tomada Média 2P+T, 20A, a 120cm do piso, embudo em caixa 4x2
Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso, embudo em caixa 4x2
Tomada de Piso 2P+T, 10A
Tomada de Piso 2P+T, 20A
Ponto de Fio com placa saída de fio, a 220cm do piso acabado
Ponto de Fio com placa saída de fio, a 7" cm do piso acabado
Interruptor simples de uma seção, embudo em caixa 4x2
Conjunto de 2 Interruptores simples, embudo em caixa 4x2
Conjunto de 3 Interruptores simples, embudo em caixa 4x2
Interruptor paralelo (three-way), embudo em caixa 4x2
Ponto para acionamento de campainha
Ponto para campainha
Ponto de Telefone, RJ11, a 30cm do piso, embudo em caixa 4x2
Condutor Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente
Ponto de luz embudo no teto
Ponto de luz na parede a 120cm do piso acabado
Eletroduto corrugado flexível embudo no teto ou na parede
Eletroduto de PEAD embudo no piso
Quadro geral de luz e força embudo a 1,50 do piso acabado
CAIXA MED
Caixa de passagem no piso
Eletroduto que sobe
Eletroduto que desce
Eletroduto que passa descendo
Eletroduto que passa subindo

Legenda Planta Baixa

Lista de Materiais - Componentes			
Descrição do Material	Dimensões	Quantidade	Observações
Posse com Medidor Completo, Com Disjuntor e Haste de terra		1	
Caixas de Embudo			
Caixa de Luz 4"x2", de embudo, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	4"x2"	48	
Caixa octogonal 4"x4" com tampo nivelado, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	4"x4"	28	
Derivações para Eletroduto de PVC Rígido			
Curva 90° para eletroduto rígido de PVC, DN20mm, rosca Ø3/4" BSP conforme ABNT NBR 15465	Ø 3/4"	2	
Curva 90° para eletroduto rígido de PVC, DN20mm, rosca Ø1" BSP conforme ABNT NBR 15465	Ø 1"	4	
Luzes para eletroduto de PVC rígido, DN20mm, rosca Ø3/4" BSP conforme ABNT NBR 15465	Ø 3/4"	4	
Luzes para eletroduto de PVC rígido, DN20mm, rosca Ø1" BSP conforme ABNT NBR 15465	Ø 1"	8	
Interruptores			
Conjunto montado com 1 Interruptor Paralelo, 10A 250V~, 4"x2"	1P, 4"x2"	1	
Conjunto montado com 1 Interruptor Simples, 10A 250V~, 4"x2"	1S, 4"x2"	2	
Conjunto montado de interruptor com 2 facas simples, 4"x2"	2P, 4"x2"	1	
Conjunto montado de interruptor com 2 facas simples, 4"x2"	2S, 4"x2"	3	
Conjunto montado de interruptor com 3 facas simples, 4"x2"	3S, 4"x2"	1	
Interruptores - Tomasas			
Conjunto montado de 1 Interruptor Paralelo - 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1P+1 Tom 10A, 4"x2"	3	
Conjunto montado de 1 Interruptor Simples - 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1S+1 Tom 10A, 4"x2"	3	
Conjunto montado de 2 Interruptores Simples - 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	2S+1 Tom 10A, 4"x2"	1	
Placa saída de fio			
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio Ø11mm, 4"x2"	Saída de fio	2	
Quadras			
Quadro de Distribuição 1214 Disjuntores, de embudo, fabricado em PVC arilchamado, com barramento de terra e neutro, porta branca, dimensões 250,344x178,77mm	12/16 Disjuntores	1	
Tomasas			
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, posição horizontal, 4"x2"	10A, 4"x2"	12	
Conjunto montado de 2 Tomasas 2P+T, 10A, posição horizontal, 4"x2"	2x10A, 4"x2"	7	
Conjunto montado de 3 Tomasas 2P+T, 10A, posição horizontal, 4"x2"	10A, 4"x2"	1	
Tomada para Telefone e Antena de TV			
Conjunto montado de 1 Tomada para antena de TV, para cabo coaxial de 75Ωmm, 4"x2"	Coaxial, 4"x2"	1	

Diagrama Unifilar

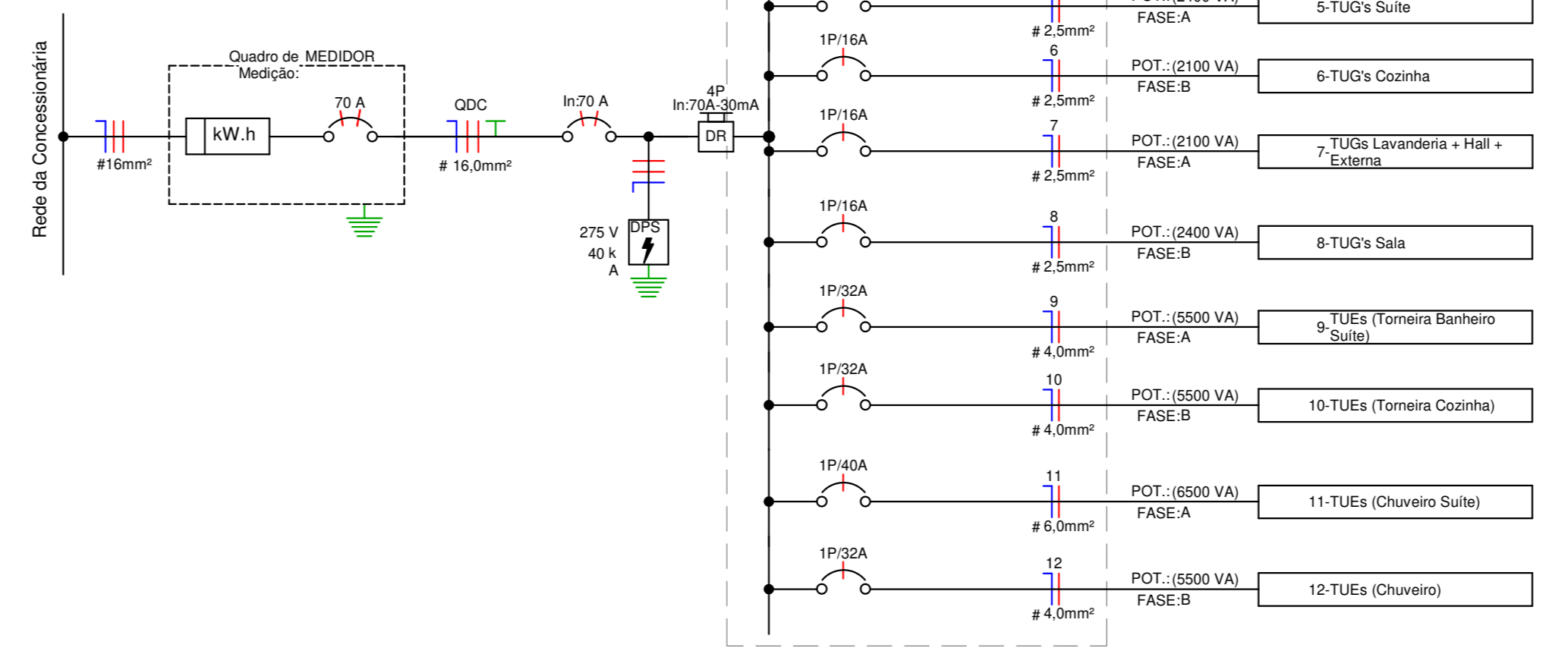


Tabela de Resumo dos Circuitos										
Circ.	Descrição	Iluminação	TUEs (Residencial) Connected	TUGs (Residencial) Connected	Air Conditioning Connected	Potência (VA)	Disjuntor	Seção (mm²)	Fase A	Fase B
QDC										
1	Iluminação (Residencial)	1800 VA				1900 VA	16,00 A	2,5	1900 W	0 W
2	Iluminação (Residencial)	1950 VA				1950 VA	20,00 A	2,5	0 W	1950 W
3	TUG's Quarto			400 VA	1800 VA	2200 VA	16,00 A	2,5	1760 W	0 W
4	TUGs Banheiro+Corredor			1300 VA	1800 VA	1300 VA	10,00 A	2,5	0 W	1940 W
5	TUG's Suite			400 VA	1800 VA	2400 VA	16,00 A	2,5	1000 W	0 W
6	TUG's Cozinha			2100 VA		2100 VA	16,00 A	2,5	0 W	1680 W
7	TUG's Lavandaria + Hall + Externa			2100 VA		2100 VA	16,00 A	2,5	1680 W	0 W
8	TUG's Sala			2400 VA	1800 VA	2400 VA	16,00 A	2,5	0 W	1800 W
9	TUEs (Tomera Banheiro Suite)		5500 VA		1800 VA	5500 VA	32,00 A	6	4400 W	0 W
10	TUEs (Tomera Cozinha)		5500 VA			5500 VA	32,00 A	6	0 W	4400 W
11	TUEs (Chuveiro Suite)		5500 VA			5500 VA	40,00 A	6	0 W	0 W
12	TUEs (Chuveiro)		5500 VA			5500 VA	32,00 A	6	0 W	5500 W
Totais:						39360 VA			18160 W	16500 W

Quantitativo de Cabos em Metros (Cobre/Un/Isol. PVC/750V/70°C)												
Sugestão de Cores para os condutores- FA: Vermelho, FB: Preto, FC:Amarelo, N: Azul...												
FA-Condutor Fase A)	FB- Condutor Fase B)	FC- Condutor Fase C)	N- Condutor...							Re-2,5mm²		
65,6	5,3	12,6	44,7	8,4	12,6	136,5	13,6	12,6	54,6	12,6	12,6	115,5

- Notas Gerais**
- Eletrodutos embudados no solo serão do tipo PEAD.
 - Eletrodutos embudados na laje deverão ser do tipo corrugado reforçado.
 - Os condutores não cotados serão de Ø2,5mm², os condutores de retorno serão de Ø1,5mm².
 - Os eletrodutos não cotados serão de Ø25mm.
 - Em todo eletroduto subterrâneo, os condutores deverão ser de cobre, classe 0,6/1kV, isolamento em EPR, temperatura 90°C.
 - Os condutores elétricos de distribuição deverão ser de cobre, classe 450/750V, isolamento em PVC, temperatura 70°C.
 - A seção do condutor neutro é igual ao da fase do circuito, salvo indicação contrária.
 - O condutor neutro não poderá ser ligado ao condutor proteção terra após passar pelo quadro geral de instalação.
 - O condutor de proteção nunca deverá ser ligado ao IDR.
 - Utilizar um condutor neutro para cada circuito.
 - Os circuitos foram numerados pela quantidade de fases, ou seja, circuitos bifásicos contém dois números.
 - Utilizar chuveiros com resistência blindada para evitar o deslocamento incorreto do IDR.
 - As instalações elétricas deverão ser executadas respeitando os padrões de qualidade e segurança estabelecidos na norma NBR5410:2004.
 - Todos os pontos metálicos deverão ser aterrados.
 - A indicação de potência no ponto de luz são os valores calculados para dimensionamento dos circuitos conforme prescrições da NBR 5410, não necessariamente correspondem ao valor usado das lâmpadas a serem instaladas.
 - Para As tomadas sem indicação de potência foi considerada 100 VA.
 - Todos os eletrodutos de eletricidade deverão estar afastados 0,50m das tubulações de gás.

Notas Gerais

ANEXO II - PROJETO ELÉTRICO

Endereço: _____

Proprietário: _____

Autor do Projeto: Murilo Zeiser

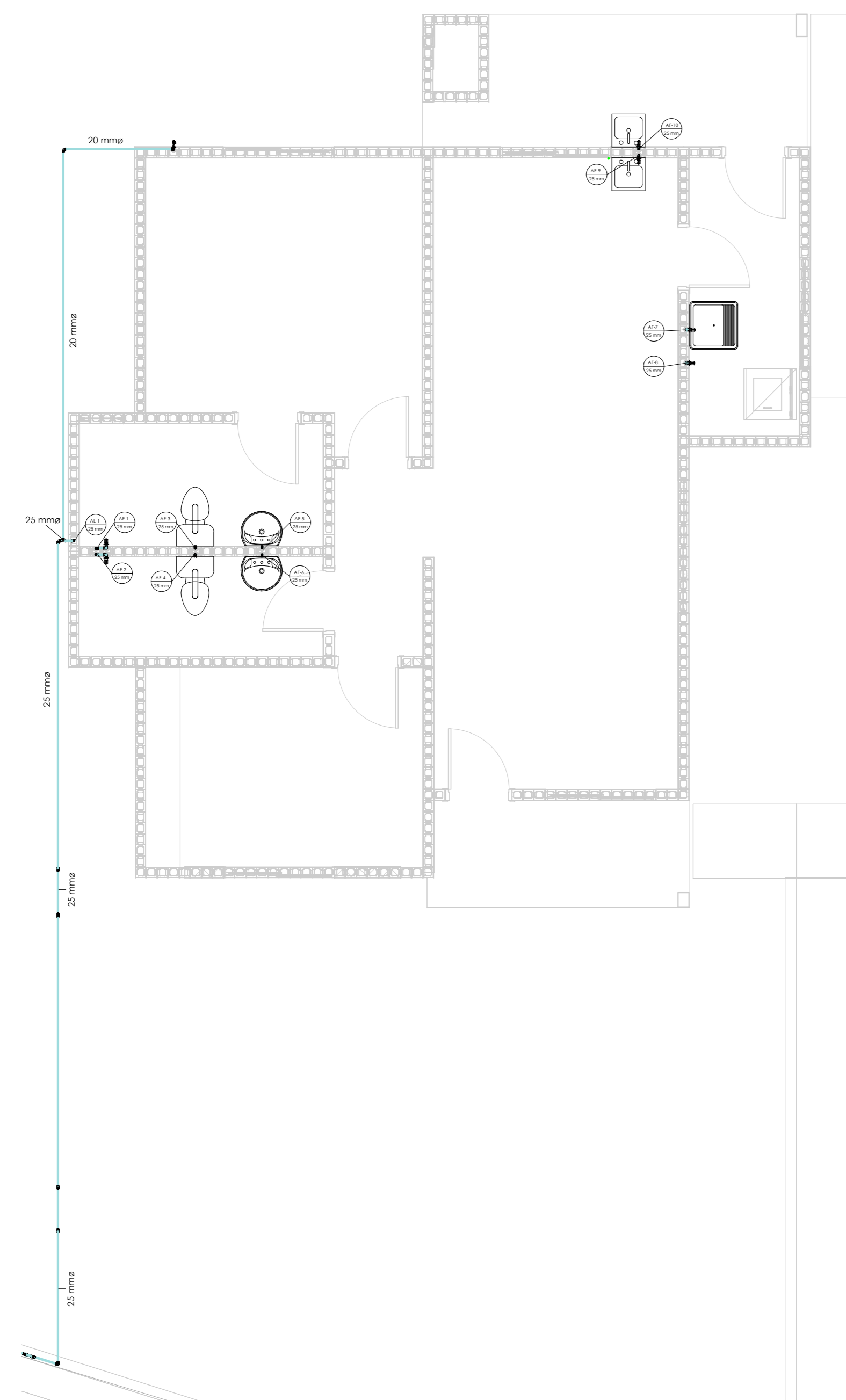
Responsável Técnico: _____

Proprietário: _____

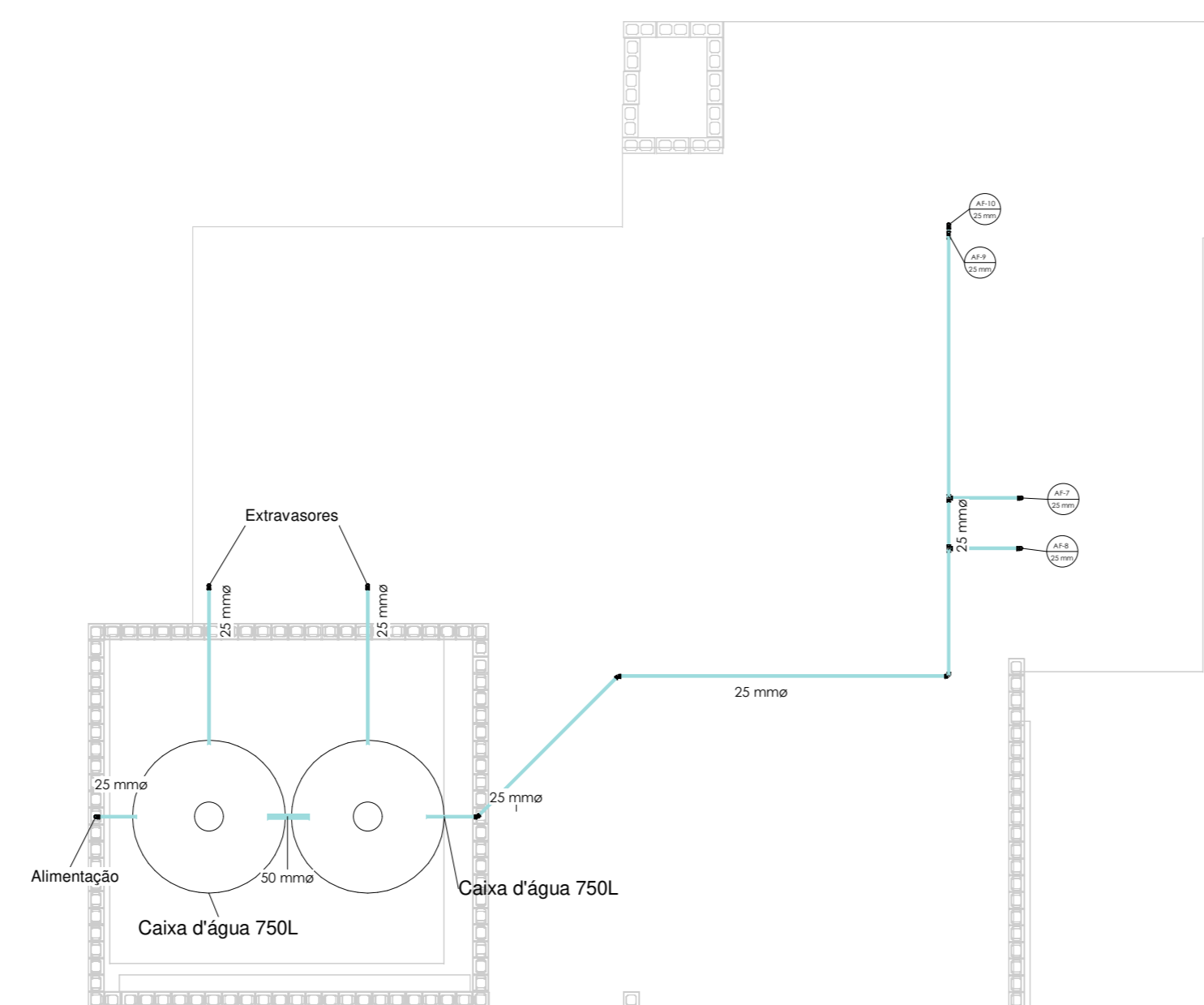
Autor do Projeto: _____

Responsável Técnico: _____

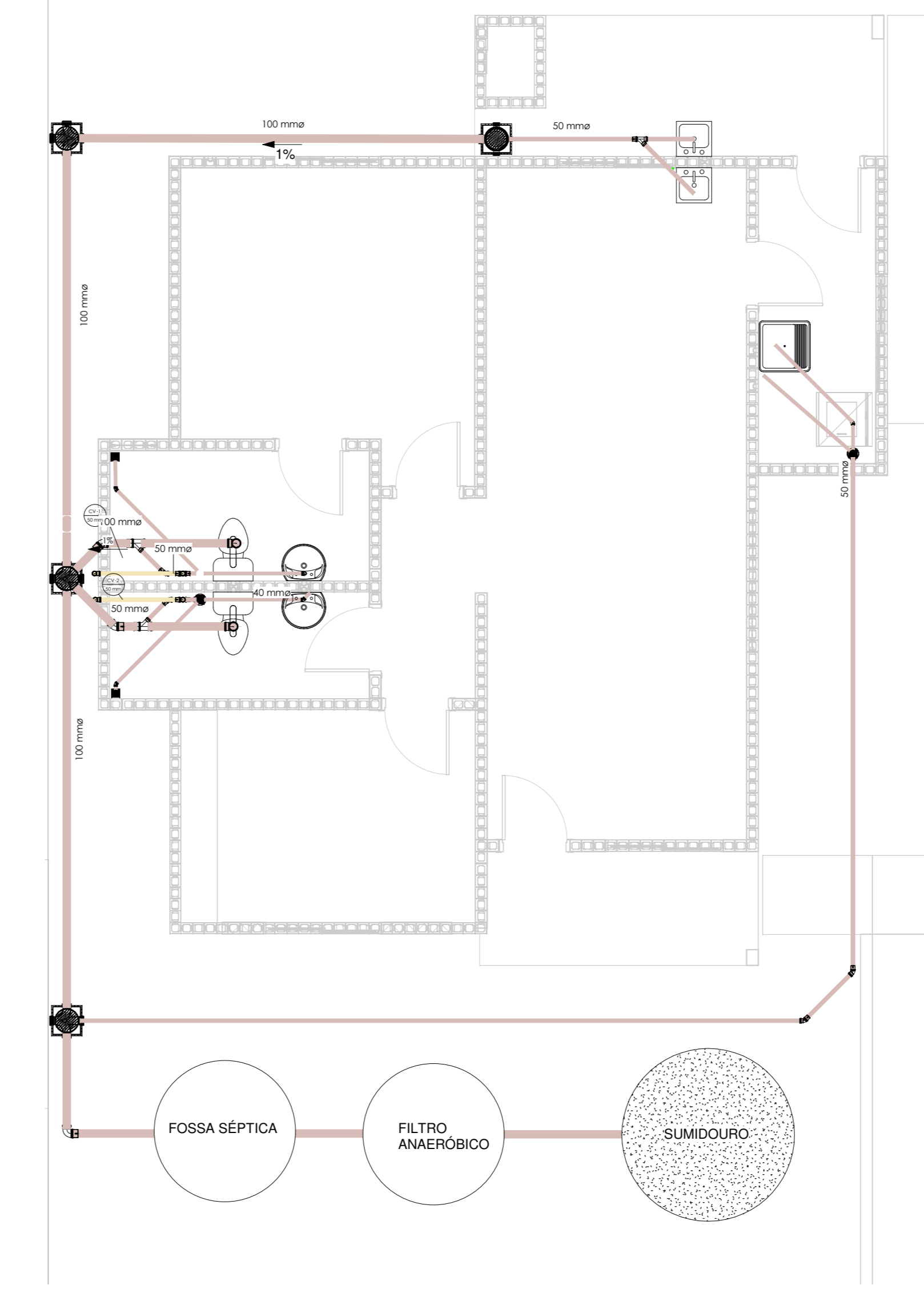
Desenho nº.:		Revisão	
02/17/22	Como Indicado	Autor	Verificador
Data	Escala	Desenhista	Visto



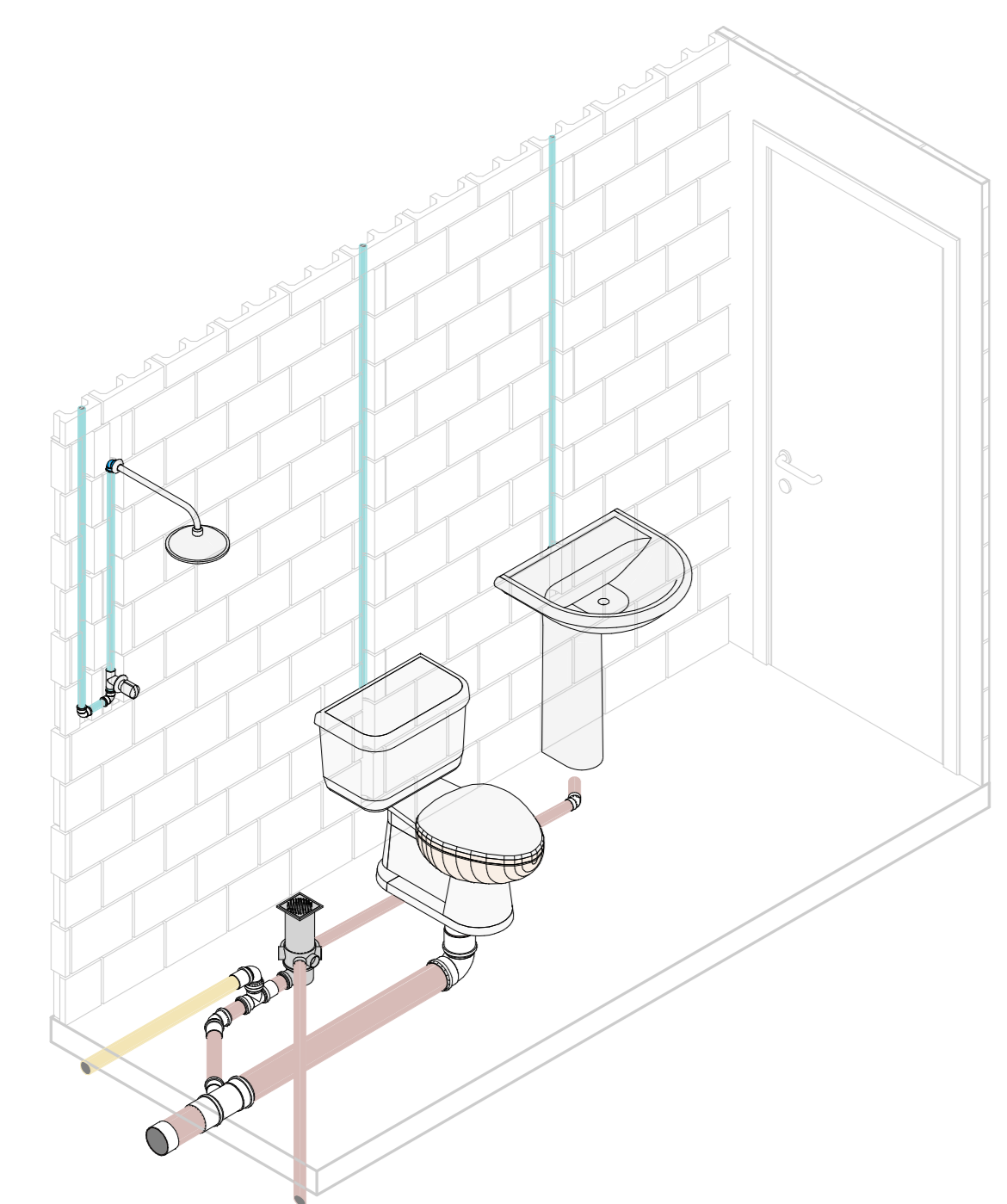
1 AF - Nível 1
1 : 50



2 AF - Nível 2
1 : 50



3 ESG - Nível 1
1 : 50



4 BANHEIRO ISOMÉTRICO
1 : 50

Tabela de acessório de tubo	
QT D	DESCRIÇÃO DO PRODUTO
2	Registro de Chuveiro PVC Branco 25mm - TIGRE
4	Registro de Gaveta PVC Branco 25mm - TIGRE
1	Registro Esfera VS Compacto Soldável 25mm - TIGRE

Tabela de conexão de tubo	
QTD	DESCRIÇÃO DO PRODUTO
9	Bucha de Redução Soldável Curta 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
1	Cruzeta Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
6	Joelho 45° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
3	Joelho 90° Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
22	Joelho 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
5	Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 20 x 1/2", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
6	Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
2	Tê de Redução Soldável 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
5	Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE

Tabela de conexão de tubo	
QTD	DESCRIÇÃO DO PRODUTO
2	Adaptador para Saída de Vaso Sanitário 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
4	Joelho 45° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
4	Joelho 45° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
2	Joelho 45° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
1	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
4	Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
3	Joelho 90° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
1	Junção Simples 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
2	Junção Simples 100 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
11	Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
7	Luva Simples 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
2	Terminal de Ventilação 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE
2	Tê 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE

Tabela de peça hidrossanitária	
QTD	DESCRIÇÃO DO PRODUTO
1	Caixa de Gordura com Tampa e Prolongador sem Entrada - DN 100, Esgoto - TIGRE
1	Caixa de Inspeção/Interligação com prolongador sem entrada - DN 100, Esgoto - TIGRE
2	Caixa Sifonada Girafácil (5 Entradas), Montada com Greiha e Porta Greiha Quadrados Inox 100 x 140 x 50mm, Esgoto - TIGRE
2	Corpo Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE
2	Porta Greiha Quadrado p/ Greiha Quadrada Branca 100mm, Esgoto - TIGRE
3	Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE
2	Prolongador sem entrada DN300, Esgoto - TIGRE
4	Prolongamento p/ Caixa Sifonada 100 x 100mm, Esgoto - TIGRE
2	Ralo Quadrado Montado - Prata c/ greiha alumínio 100x53x40mm, Esgoto - TIGRE
2	Tampa Quadrada Reforçada Preta - DN 350, Esgoto - TIGRE

Drenagem Predial	
QTD	DESCRIÇÃO DO PRODUTO
2	Prolongador sem entrada - Corpo 300 - TIGRE

Tabela de tubos		
COMPRIMENTO	DIÂMETRO	
1967.97 cm	20 mm	PVC - Água Fria - Tubo Soldável Tigre
5348.99 cm	25 mm	
37.30 cm	50 mm	
929.94 cm	40 mm	PVC - Esgoto - Série Normal Tigre
2122.09 cm	50 mm	
2444.26 cm	100 mm	
1369.01 cm	50 mm	PVC - Ventilação - Série Normal Tigre

ANEXO III - PROJETO HIDROSSANITÁRIO

Endereço: _____

Proprietário: _____

Autor do Projeto: Murilo Zeiser

Responsável Técnico: _____

Proprietário: _____

Autor do Projeto: _____

Responsável Técnico: _____

Desenho nº:	Revisão
1	

Data	Escala	Desenhista	Verificador	ANEXO III PROJETO HIDROSSANITÁRIO
02/21/22	1:50	Autor	Verificador	Projeto