



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



MARCOS HUMBERTO DA SILVA

BIM APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE PROJETO RESIDENCIAL

UBERLÂNDIA, MG

2023

MARCOS HUMBERTO DA SILVA

BIM APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE PROJETO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como requisito obrigatório para conclusão do curso de Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dra. Ana Carolina F. Maciel

UBERLÂNDIA, MG

2023

RESUMO

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*) aplicada no desenvolvimento de projetos no setor da construção civil, apresenta inúmeras vantagens contrastando com métodos convencionais, como o CAD (*Computer Aided Design*), comumente utilizado em escritórios do Brasil. De acordo com o Decreto nº 10.306 de 2020, instituído com o objetivo de expandir a metodologia BIM no país, o setor de Construção Civil deve aplicar o BIM para desenvolvimento de projetos em edificações públicas a partir de 2028. Com isso, este trabalho procurou captar as vantagens da aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos, por meio da modelagem de três disciplinas, por meio dos softwares Autodesk Revit, TQS e o Autodesk Navisworks. Com essa aplicação foi possível desenvolver os projetos e promover a compatibilização desses, sendo possível minimizar os erros e retrabalhos na obra, uma vez que são corrigidos ainda na fase de projeto, de maneira simples, fácil e visual.

Palavras-chave: Metodologia Bim; Projetos; Compatibilização

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Representação das Dimensões do BIM | 9 |
| Figura 2: Planta Baixa | 17 |
| Figura 3: Modelo Tridimensional..... | 17 |
| Figura 4: Planta de forma | 18 |
| Figura 5: Classes de agressividade ambiental segundo ABNT NBR 6118:2023 .. | 21 |
| Figura 6: Cobrimento nominal para $\Delta c = 10mm$ | 21 |
| Figura 7: Áreas de influência de pilares | 23 |
| Figura 8: Modelo tridimensional da Estrutura | 26 |
| Figura 9: Modelagem do sistema de água fria | 27 |
| Figura 10: Vazões de projeto e pesos relativos dos aparelhos hidrossanitários . | 28 |
| Figura 11: Ábaco | 29 |
| Figura 12: Perda de carga de acordo com o tipo de conexão | 31 |
| Figura 13: UHC de aparelhos sanitários e diâmetros mínimos de ramais | 32 |
| Figura 14: Diâmetros mínimos dos ramais de esgoto | 33 |
| Figura 15: Diâmetros Mínimos dos subcoletores e coletor predial | 33 |
| Figura 16: Dimensionamento de ramais de ventilação | 34 |
| Figura 17: Sistema de esgoto e ventilação..... | 35 |
| Figura 18: Tipos de Superfície e área de influência | 35 |
| Figura 19: – Áreas de influências da cobertura | 36 |
| Figura 20: Coeficientes de Rugosidade | 37 |
| Figura 21: Capacidade das calhas com coeficientes de rugosidade = 0,11 | 37 |
| Figura 22: Ábaco para determinar diâmetro de condutores verticais..... | 38 |
| Figura 23: Área de contribuição do piso | 38 |
| Figura 24: Capacidade de condutores horizontais em L/min | 39 |
| Figura 25: Tubulação de esgoto passando na viga baldrame | 40 |
| Figura 26: Viga coincidindo com a janela..... | 40 |
| Figura 27: Tubulação de alimentação passando pela viga | 41 |
| Figura 28: Caixa de Passagem coincidindo com a viga baldrame | 41 |
| Figura 29: alta de previsão de abertura na laje para passagem de tubulação ... | 42 |
| Figura 30: Compatibilização dos projetos | 42 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Dimensionamento das Vigas | 19 |
| Tabela 2: Pré-dimensionamento das lajes | 22 |
| Tabela 3 : ações variáveis consideradas | 24 |
| Tabela 4: Dimensionamento de Água Fria | 27 |
| Tabela 5: Dimensionamento da rede de esgoto | 34 |
| Tabela 6: Vazão de projeto | 36 |
| Tabela 7: Diâmetro dos Condutores Horizontais | 39 |

SUMÁRIO

| | | |
|------|-----------------------------------|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 6 |
| 1.1. | JUSTIFICATIVA..... | 6 |
| 1.2. | OBJETIVO GERAL..... | 7 |
| 1.3. | ORGANIZAÇÃO | 7 |
| 2. | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 8 |
| 2.1. | Conceito BIM | 8 |
| 2.2. | Implementação do BIM | 9 |
| 2.3. | Dimensões do BIM..... | 9 |
| 2.4. | LOD..... | 11 |
| 2.5. | LOIN | 12 |
| 2.6. | Modelo Federado | 13 |
| 2.7. | Projetos e compatibilização | 14 |
| 3. | DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS..... | 16 |
| 3.1. | Projeto Arquitetônico | 16 |
| 3.2. | Projeto Estrutural | 17 |
| 3.3. | Projeto Hidrossanitário..... | 26 |
| 3.4. | COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS..... | 39 |
| 4. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 43 |
| | REFERÊNCIAS | 44 |

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos principais agravantes na indústria da arquitetura, engenharia e construção civil (AEC), é a falta de qualidade na elaboração dos projetos. Grande parte dos problemas encontrados em projetos provém do erro de projetos estruturais e arquitetônicos, provocando patologias na obra e também aumento considerável dos custos da obra. Assim, o setor da construção necessita de implantações de tecnologias, a fim de desenvolver projetos com mais precisão e menos interferências.

A metodologia predominante dos anos 90 aos anos 2000, foi o *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador em português), conhecido como CAD, para elaboração de projetos de edificações. Essa forma de se projetar é baseada em representações bidimensionais, desde o projeto arquitetônico até a compatibilização de todas as disciplinas. Porém, esse formato apresenta algumas incongruências como: a mudança de localização de uma janela significa correção em todos os desenhos componentes do projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário entre outros, e a parte orçamentária não possui um valor aproximado da execução, pelo fato de não obter um modelo 3D para ser seguido. Portanto, para solucionar estes problemas, entre muitos outros, foram desenvolvidas tecnologias e ferramentas. Dessas novas tecnologias está o conceito BIM (*Building Information Modeling*). A metodologia BIM resume-se num processo de criação da edificação virtual, alimentado com informações agrupadas aos objetos parametrizados do modelo. Com a metodologia BIM modelos virtuais são desenvolvidos de forma mais precisa. Dessa forma, auxilia ao longo das fases dos projetos, permitindo uma melhor análise e controle, comparado a processos manuais.

1.1. JUSTIFICATIVA

A metodologia BIM foi consolidada na Europa, USA e Ásia, sendo intensamente utilizada no desenvolvimento de projetos e nas ferramentas voltadas a gestão e controle de obras. Essa tecnologia fornece funcionalidades que aumentam a confiabilidade dos processos de planejamento e controle de obras. Diante dos avanços da metodologia

BIM, a implementação desta metodologia está inserida na Agenda Estratégia Plano Brasil Maior (PBM), como sendo prioridade do Governo Federal para o setor da construção civil, demonstrando a necessidade de trabalhos aplicados a esta área.

1.2. OBJETIVO GERAL

Este trabalho consiste em desenvolver os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário, compatibilizando-os posteriormente por meio das plataformas BIM

1.3. ORGANIZAÇÃO

O trabalho está dividido em 4 capítulos. No capítulo 1, apresentasse a introdução do tema, e também a justificativa e os objetivos a serem realizados.,

No Capítulo 2 apresentasse a revisão bibliográfica, com conceitos e características sobre a metodologia BIM.

No Capítulo 3 apresentasse o Desenvolvimento de Projetos, onde é explanada a metodologia adotada e os resultados obtidos.

No Capítulo 4 tem-se as considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Essa revisão bibliográfica aborda os assuntos sobre o conceito BIM, sua implementação e suas dimensões. O conceito da metodologia é dividido em suas dimensões, sendo que neste trabalho será abarcada a modelagem 3D e seus cálculos.

2.1. Conceito BIM

O BIM, de acordo com Eastman et al. (2008, p13), “é uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de produção”. Perante essa afirmação, o conceito BIM envolve tecnologias e processos que devem ser utilizados na produção e análise de modelos da construção. Então, esta modelagem aplica a prática de projeto integrado, em que todas as áreas convergem para construção de um modelo único da edificação, também conhecido como “Modelo Federado”.

Segundo Rech (2012), o BIM possui vantagens tanto na fase de projeto, quanto na de planejamento e construção, em relação ao processo manufaturado. No projeto, a principal vantagem é a disponibilização de informações de cada elemento presente no empreendimento, já na compatibilização entre as instalações, arquitetura e estrutura, antecipa-se agravantes para que não ocorram na fase de execução. Na fase de planejamento é possível visualizar em uma simulação virtual as fases de construção do empreendimento, facilitando o dimensionamento de equipes, a previsão de materiais necessários, entre outros. Para orçamentos, a metodologia BIM promove maior detalhamento no levantamento quantitativo, e o cálculo do custo da edificação torna-se mais completo e exato, reduzindo adicionais de custos na obra.

2.2. Implementação do BIM

No atual cenário da construção, o CAD ainda é muito presente na representação e gestão de projetos. Porém, para Smith e Tardif (2009), implementar a metodologia BIM torna-se uma boa decisão para empresa, pois essa tecnologia permite melhorar a comunicação entre as partes envolvidas, a qualidade das informações disponíveis, e a qualidade dos serviços prestados, reduzindo o tempo e o custo em cada etapa do ciclo de vida de uma edificação.

Segundo a ABDI (2022), a metodologia BIM fornece a estrutura necessária para utilização de softwares, pelo motivo de haver várias informações sendo processadas. Para que ocorra um processo encadeado é imprescindível que exista equipamentos e profissionais qualificados. Portanto, havendo todos esses processos bem determinados, a implementação da metodologia BIM será efetiva.

2.3. Dimensões do BIM

O BIM pode ser classificado em diferentes camadas de informações, denominadas dimensões do BIM, que variam do 3D ao 7D (Figura 1).

Figura 1: Representação das Dimensões do BIM



Fonte: DARÓS (2019).

De acordo com a empresa britânica Digital Inc. (2018), os benefícios obtidos com cada dimensão da plataforma BIM são:

- Geometria (3D): Modelagem paramétrica; representação aprimorada dos projetos; geração de animações e passeios virtuais que favorecem a comercialização de projetos; auxílio às partes envolvidas no gerenciamento de colaborações multidisciplinares durante a modelagem e compatibilização.
- Planejamento (4D): Coordenação entre as equipes de trabalho; otimização no planejamento das atividades de construtores e fornecedores para atendimento aos prazos de projeto; simulações de processos e fluxos de trabalho; gerenciamento do canteiro de obras; estabelecimento de cronogramas enxutos (*Lean Construction*).
- Custo (5D): Orçamentos em tempo real; levantamento de quantitativos de insumos para dar suporte aos orçamentos; contagem automática dos componentes associados a um projeto; visualizar os avanços nas atividades e as despesas ao longo do tempo (BIM 4D); maior precisão e previsibilidade na estimativa dos custos de projeto, variações nas quantidades, materiais E materiais.
- Sustentabilidade (6D): Realização de análises de consumo de energia durante a operação da edificação; simulações de iluminação solar, isolamento térmico, ventilação e emissão de CO₂; rastreamento de materiais sustentáveis aplicados à construção; rastreamento de créditos para a certificação LEED, entre outros.
- Gestão e Manutenção (7D): Armazenamento de informações no modelo virtual, referentes aos dispositivos que compõem a edificação como manuais de operação e manutenção, especificações, prazos de garantia, informações do fabricante, contatos, entre outros; estabelecimento de planos de manutenção e substituição de peças e equipamentos; garantia de conformidade com as normas de operação do empreendimento.

Na dimensão 3D é possível visualizar o projeto em perspectiva, possibilitando maior compreensão da edificação. Essa dimensão possui informações atreladas a cada elemento de maneira que possa ser feita uma construção virtual do empreendimento.

Segundo Motter e Campelo (2014), na dimensão 4D insere-se o tempo ao modelo, permitindo melhores estratégias de planejamento. Com isso, é possível prever o tempo de demanda de cada etapa que será executada.

A dimensão 5D resume-se na inserção de custo ao empreendimento. De acordo com Smith (2014), como os custos são adquiridos de forma automática, permite-se que os orçamentistas invistam mais tempo na redução dos custos do que no desenvolvimento de quantitativos. Porém, para a etapa 5D ser precisa, é necessário que o projetista também possua conhecimento sobre os processos construtivos.

Conforme a empresa britânica Digital Inc. (2018), a dimensão 6D contempla as análises de sustentabilidade ambiental da edificação, ou seja, são feitas análises de eficiência energética, desempenho térmico, emissão de CO₂, entre outros.

Segundo *National Building Information Modeling Standard* (NBIMS, 2007), a dimensão 7D resume-se nas operações de gerenciamento de instalações do empreendimento, facilitando a administração da edificação na fase de uso.

Neste trabalho, propõe-se aplicar, em um estudo de caso, as dimensões 3D, 4D e 5D.

2.4. LOD

LOD ou níveis de desenvolvimento são métricas criadas para quantificar a informação que há no modelo. Conforme Hooper (2015), “LOD é um parâmetro essencial para descrever o conteúdo digital em um contexto BIM. É visto como um importante veículo para especificar a troca de informações ao longo do ciclo de vida de uma instalação”. Segundo *A American Institute of Architects* (AIA, 2013), instituiu a documentação que proporcionava a criação do LOD (*Level of Development*). Este conceito é dividido em cinco níveis

- LOD 100 (CONCEITUAL): Que se resume no estudo de massa, volumes, zonas, modeladas em 3 dimensões ou representados por outros dados.

- LOD 200(GEOMETRIA APROXIMADA): Os elementos são modelados de forma genérica e aproximada de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização.
- LOD 300 (GEOMETRIA PRECISA): Os elementos são modelados de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização.
- LOD 400(EXECUÇÃO-FABRICAÇÃO): Os elementos são modelados com objetivo de montagem, sendo de maneira precisa. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.
- LOD 500 (AS-BUILT): Os elementos são modelados conforme construídos, com informações precisas e exatas das dimensões e pesos.

Andrade, Biotto, Serra(2021) concluem, portanto, que o emprego das planilhas do SINAPI no processo de modelagem BIM para extração de quantitativos e estimativa de custo não tem sido investigado o bastante na literatura, tornando necessária a conferência de boas práticas de modelagem, visto que para Mattana e Librelotto(2018apud ANDRADE; BIOTTO; SERRA,2021)a precisão dos quantitativos e custos dependem de atividades que antecedem o processo de orçamentação, como, por exemplo, definir o nível de detalhamento das informações do modelo. Além disso, Hooper (2015) afirma que ainda existe uma confusão sobre o que significavam os níveis de LOD.

Considerando a necessidade de discussão do uso do BIM para o processo de orçamentação, indicado por Andrade, Biotto, Serra (2021), e do entendimento do LOD para modelos BIM, indicado por Hooper(2015), esta pesquisa teve como objetivo a análise da integração das informações descritas no LOD com a tabela SINAPI, utilizando o software Autodesk Revit®, a fim de obter o custo total de um projeto de arquitetura.

2.5. LOIN

Normalmente, para evitar possíveis lacunas de informação, o projetista tende a exagerar com a quantidade de informações a serem comunicadas. Desta forma, ele comete o erro de produzir e compartilhar um excesso de informações, muitas vezes

inúteis. Para evitar isso, a ISO 19650-1 introduziu o conceito de LOIN (Level of Information Need), superando o conceito LOD. O próprio termo denota uma mudança de perspectiva: o foco não está mais nas características do objeto, mas nas informações que o objeto deve conter para atender às necessidades do projetista naquela determinada fase do projeto.

O conceito de LOIN surge da consciência de que o grau de detalhe de um modelo não é um parâmetro absoluto, mas a avaliar com base em várias condições.

O nível de necessidade informativa, de fato, resulta da combinação de 3 tipos de informações:

- Geométricas: veiculadas por forma, tamanho, dimensão e posição.
- Alfanuméricas: veiculadas por caracteres, dígitos, símbolos.
- Documentais: o conjunto de documentos relativos a um certo assunto.

2.6. Modelo Federado

Os modelos federados BIM podem ser considerados como a união de diferentes modelos digitais referentes ao projeto (estrutura, instalações, arquitetura, mobiliário). Eles visam fornecer o modelo completo do projeto para facilitar o compartilhamento de informações e a coordenação entre as disciplinas envolvidas, assim como o controle das interferências e a verificação de eventuais problemas relacionados com o projeto.

Em um modelo federado, de fato, convergem todas as informações relativas à geometria do edifício, estrutura, sistema elétrico, sistema hidráulico, aquecimento, fontes renováveis.

Esse modelo consiste em componentes conectados uns aos outros, mas distintos, pois eles não perdem sua identidade ou integridade. Isso significa que qualquer mudança em um componente do modelo federado não implica uma mudança em outros componentes do mesmo modelo federado.

Geralmente, esse processo começa com a modelagem arquitetônica da construção, com base na qual os outros especialistas (projetista estrutural, engenheiro

de instalações, etc.) desenvolvem as partes de suas respectivas competências importando o modelo arquitetônico em formato IFC. Daí, cada parte é integrada no modelo federado que, uma vez concluído, constitui a representação digital completa da obra.

A criação de modelos federados BIM pode ser alcançada por meio de ferramentas BIM capazes de coordenar as várias disciplinas e de criar uma base de informação comum para os vários atores envolvidos. O objetivo é verificar e gerenciar problemas, conflitos e inconsistências que possam surgir da comparação e sobreposição dos diferentes modelos.

2.7. Projetos e compatibilização

No âmbito da engenharia civil, o planejamento e construção de um empreendimento envolvem profissionais de diversas áreas, com um objetivo em comum (COELHO; NOVAES, 2008). No passado esse processo era mais facilitado pois a relação entre os agentes produtores era mais restrita. Porém, com o aumento da demanda e a expansão do setor, os profissionais começaram a trabalhar separadamente em cada setor, originando a terceirização dentro do processo.

Entretanto a partir disso, surgiu os problemas de incompatibilidade entre diferentes projetos, que na maioria das vezes eram reconhecidos somente no canteiro de obra, provocando gastos não planejados e aumento do prazo na construção. Erros originados na etapa de confecção do projeto são apontados por Maciel e Melhado (1996) como responsáveis por 60% das patologias na construção. Grande parte desses erros é ocasionada por incompatibilidade entre os projetos de diferentes segmentos.

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

Para promover a compatibilização de projetos de forma eficiente, foi desenvolvido a metodologia BIM, que apesar de ser pouco utilizado no Brasil, trata-se de uma ferramenta que trabalha com a parametrização dos elementos da edificação, partindo de um modelo tridimensional, ao contrário de como são realizados atualmente os projetos, de forma bidimensional, segundo (Charles Eastman, 2008).

3. DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Para atingir os objetivos deste trabalho desenvolveu-se três projetos em metodologia BIM, por meio da plataforma *Autodesk Revit*© (projeto arquitetônico e hidrossanitário), e o programa TQS no qual promoveu-se o projeto estrutural. Os procedimentos implantados serão descritos na sequência.

3.1. Projeto Arquitetônico

Para o início deste projeto, desenvolveu-se o projeto arquitetônico de duas residências germinadas, composta em um terreno dimensionado em 12 metros de largura por 25 de profundidade, totalizando em 300 metros quadrados. Esta edificação possui um afastamento frontal de 5 metros, sendo a garagem, com seu pé-direito definido em 2,7 metros de altura. Cada residência possui uma sala de TV, cozinha e sala de estar, todas integradas, além de 1 banheiro e dois dormitórios, sendo um uma suíte. Para definir o layout dessas residências, foram promovidas várias tentativas, até encontrar o resultado ideal. A área de serviço foi deslocada para a lateral do terreno, com o intuito de ocultá-la na concepção da edificação. A área de cada residência ficou totalizada em 78m².

As esquadrias foram definidas conforme a área de ventilação e iluminação necessária e o ambiente a ser aplicado, variando de material e tipo. Já o mobiliário, louças e metais foram definidos seguindo o padrão verificado desta tipologia de residência. Todas essas inserções foram realizadas com o auxílio de famílias de dados importadas de fabricantes e de bancos de dados especializados.

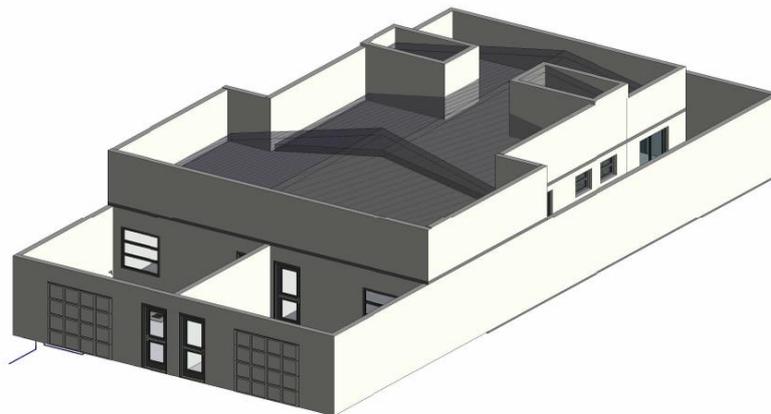
Na Figura 2 ilustra-se a planta baixa da edificação, enquanto na Figura 3 apresenta-se o modelo tridimensional.

Figura 2: Planta Baixa



Fonte: Autor

Figura 3: Modelo Tridimensional



Fonte: Autor

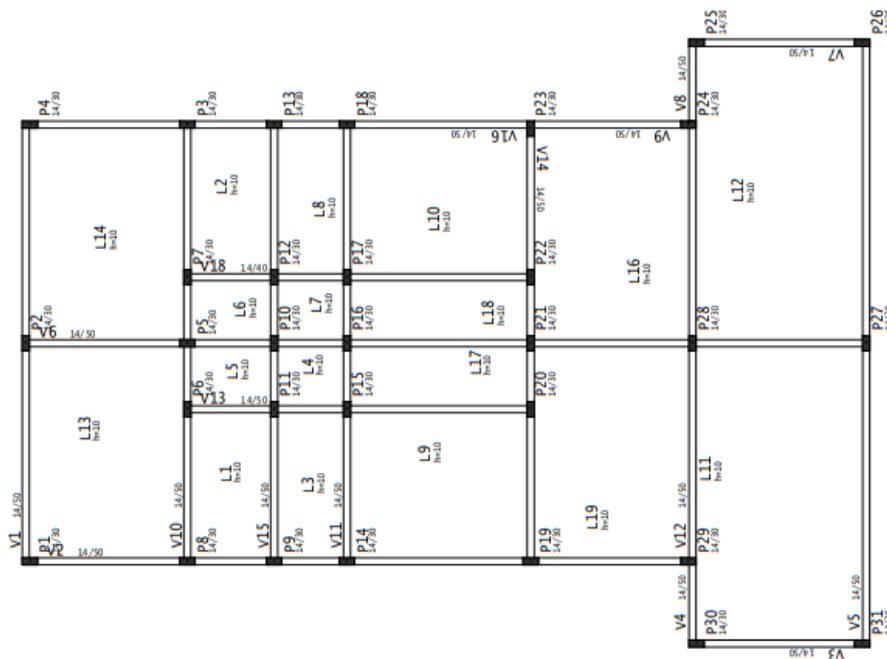
3.2. Projeto Estrutural

Baseando-se no projeto arquitetônico, iniciou-se a concepção do modelo estrutural no TQS e os cálculos foram desenvolvidos neste, no entanto, para iniciar a modelagem era preciso um pré-dimensionamento, que foi realizado conforme definições de Pinheiro (2007) para os cálculos, sendo:

- a) A seção transversal das vigas não pode apresentar largura menor que 12 cm, conforme Item 13.2.2 da ABNT NBR 6118:2023;
- b) A largura adotada das vigas foi de 14 cm;
- c) Devido a espessura das vigas ser de 14 cm, para evitar sobressaltos nas paredes, a espessura inicial adotada dos pilares também foi de 14 cm;
- d) Considerando o Item 13.2.3 da ABNT NBR 6118:2023, a área de seção transversal do pilar não pode ser inferior a 360 cm², sendo assim, a largura mínima possível do pilar determinada foi de 25,7 cm, com isso, a largura adotada para os pilares foram de 30 cm para facilitar a modulação em obra.

Com base nas premissas adotadas, as plantas de formas iniciais que serviram como pré-dimensionamento da estrutura são apresentadas na Figura 4.

Figura 4: Planta de forma



Fonte: Autor

Como se trata de uma edificação térrea, na planta de forma da Figura 4 os pilares nascem e morrem no mesmo pavimento.

3.2.1. Vigas

Para o pré-dimensionamento da altura das vigas, Pinheiro (2007) sugere uma estimativa:

Para tramos internos: $hest = l_0 / 12$;

Para tramos externos ou vigas bi apoiadas: $hest = l_0 / 10$;

Para vigas em balanço: $hest = l_0 / 5$

Onde hest é a altura estimada da viga, e l_0 a largura máxima do tramo. Para as vigas baldrame foi adotada dimensão padrão de 14 x 30 cm. De acordo com as plantas de forma foram calculadas as alturas das vigas e definidas suas dimensões considerando a altura final como valor múltiplo de 5 por questões técnicas e facilidade no canteiro de obras. O memorial, retirado do TQS encontra-se na Tabela 01.

Tabela 1: Dimensionamento das Vigas

| Viga | L (cm) | Vãos | Seção | H/L | ρ_s (%) | ρ_s (%) | Taxa de aço(kgf/m ³) | Torção | Parede |
|------|---------------|------|-------|----------------|--------------|--------------|----------------------------------|--------|--------|
| V1 | 435.9 a 436.5 | 2 | 14X50 | 11.45 a 11.47 | 0.22 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 47.8 | - | - |
| V2 | 435.9 a 436.5 | 2 | 14X50 | 11.45 a 11.47 | 0.44 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 48.0 | Sim | - |
| V3 | 131.8 a 304.7 | 4 | 14X50 | 16.41 a 37.94 | 0.22 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 47.7 | - | Sim |
| V4 | 9.1 a 435.9 | 4 | 14X50 | 11.47 a 549.45 | 0.22 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 45.4 | Sim | Sim |
| V5 | 132 a 428.5 | 3 | 14X50 | 11.67 a 37.88 | 0.22 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 47.9 | Sim | Sim |
| V6 | 164.2 a 164.2 | 1 | 14X50 | 30.45 a 30.45 | 0.44 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 57.9 | - | - |
| V7 | 9.1 a 436.5 | 3 | 14X50 | 11.45 a 549.45 | 0.22 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 45.4 | - | - |
| V8 | 163.4 a 163.4 | 1 | 14X50 | 30.6 a 30.6 | 0.43 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 58.2 | - | - |
| V9 | 599.9 a 600.1 | 2 | 14X50 | 8.33 a 8.33 | 0.28 a 0.67 | 0.22 a 0.22 | 46.0 | - | - |
| V10 | 327.8 a 327.8 | 1 | 14X50 | 15.25 a 15.25 | 0.45 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 53.1 | - | - |
| V11 | 144.2 a 363.7 | 5 | 14X50 | 13.75 a 34.67 | 0.22 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 47.6 | - | Sim |

Tabela 1: Dimensionamento das Vigas (continuação)

| | | | | | | | | | |
|-----|------------------|---|-------|---------------|-------------|-------------|------|-----|-----|
| V12 | 144.2 a 363.7 | 3 | 14X50 | 13.75 a 34.67 | 0.43 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 48.9 | Sim | Sim |
| V13 | 144.2 a 363.7 | 6 | 14X50 | 13.75 a 34.67 | 0.22 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 47.3 | - | Sim |
| V14 | 144.2 a 363.7 | 3 | 14X50 | 13.75 a 34.67 | 0.27 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 43.6 | Sim | Sim |
| V15 | 144.2 a 363.7 | 5 | 14X50 | 13.75 a 34.67 | 0.22 a 0.55 | 0.22 a 0.22 | 48.1 | - | Sim |
| V16 | 327.8 a 327.8 | 1 | 14X50 | 15.25 a 15.25 | 0.45 a 0.45 | 0.22 a 0.22 | 53.1 | - | - |

Fonte: Autor

3.2.2. Lajes

Pinheiro (2007) define o pré-dimensionamento das Lajes com altura (h) por meio da Equação 1:

$$h = d + \frac{\phi}{2} + c \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

h = Altura da Laje

d = Altura útil da Laje

ϕ = Diâmetro das barras a serem utilizadas

C = Cobrimento da armadura

O cobrimento é obtido pela Equação 2:

$$c = c_{min} + \Delta c \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

c : Cobrimento

c_{min} : cobrimento mínimo

Δc : tolerância de execução

O c_{min} é estabelecido pela norma ABNT NBR 6118:2023 de acordo com a classe de agressividade ambiental considerada para a estrutura. Conforme a Tabela 6.1 da ABNT NBR 6118:2023 (Figura 5), as classes são divididas de I (fraca) até IV (muito forte):

Figura 5: Classes de agressividade ambiental segundo ABNT NBR 6118:2023

| Classe de agressividade ambiental | Agressividade | Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto | Risco de deterioração da estrutura |
|-----------------------------------|---------------|--|------------------------------------|
| I | Fraca | Rural | Insignificante |
| | | Submersa | |
| II | Moderada | Urbana ^{a, b} | Pequeno |
| III | Forte | Marinha ^a | Grande |
| | | Industrial ^{a, b} | |
| IV | Muito forte | Industrial ^{a, c} | Elevado |
| | | Respingos de maré | |

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT 6118 (2023)

De acordo com a classe de agressividade ambiental, e com o auxílio da Tabela 7.2 da ABNT NBR 6118:2023 (Figura 6), define-se o cobrimento nominal adotado.

Figura 6: Cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$

| Tipo de estrutura | Componente ou elemento | Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1) | | | |
|----------------------------------|--|--|----|-----|-----------------|
| | | I | II | III | IV ^c |
| | | Cobrimento nominal mm | | | |
| Concreto armado | Laje ^b | 20 | 25 | 35 | 45 |
| | Viga/pilar | 25 | 30 | 40 | 50 |
| | Elementos estruturais em contato com o solo ^d | 30 | | 40 | 50 |
| Concreto protendido ^a | Laje | 25 | 30 | 40 | 50 |
| | Viga/pilar | 30 | 35 | 45 | 55 |

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15\text{ mm}$.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{ mm}$.

Fonte: ABNT 6118 (2023)

Como a estrutura está localizada em uma região urbana não litorânea, a classe de agressividade ambiental atingida é a de Tipo II, para as lajes o c_{min} equivale a 25 mm. Para o diâmetro utilizado, sugeriu-se aço CA-50 com bitola mínima de 6,3 mm. A altura útil da laje é definida de acordo com a Equação 3:

$$d = (2,5 - 0,1 * n) * \frac{l}{100} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

d : Altura útil

n : Número de bordas engastadas

l : valor referente ao maior valor entre:

- l_x : largura do menor vão

- $0,7 * l_y$: largura do maior vão

Na Tabela 2 apresenta-se o resumo do pré-dimensionamento das lajes, com a altura final adotada em projeto.

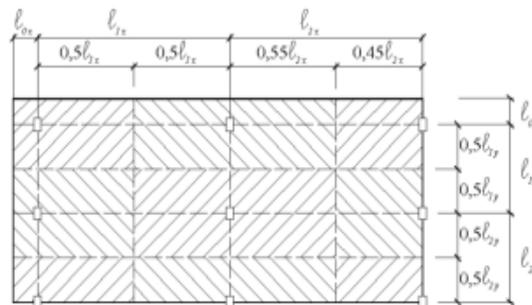
Tabela 2: Pré-dimensionamento das lajes

| Laje | n | L_x (cm) | L_y (cm) | L (mm) | d est(cm) | C (mm) | h_{est} (cm) | h_{adot} (cm) |
|------|-----|---------------|---------------|-------------|----------------|-------------|-------------------|--------------------|
| L1 | 3 | 158 | 290 | 158 | 3,476 | 35 | 7,976 | 10 |
| L2 | 3 | 158 | 290 | 158 | 3,476 | 35 | 7,976 | 10 |
| L3 | 3 | 130 | 290 | 130 | 2,86 | 35 | 7,36 | 10 |
| L4 | 4 | 118 | 130 | 91 | 1,911 | 35 | 6,411 | 10 |
| L5 | 4 | 118 | 158 | 111 | 2,331 | 35 | 6,831 | 10 |
| L6 | 4 | 118 | 158 | 111 | 2,331 | 35 | 6,831 | 10 |
| L7 | 4 | 118 | 130 | 91 | 1,911 | 35 | 6,411 | 10 |
| L8 | 4 | 130 | 290 | 130 | 2,73 | 35 | 7,23 | 10 |
| L9 | 3 | 290 | 350 | 245 | 5,39 | 35 | 9,89 | 10 |
| L10 | 3 | 290 | 350 | 245 | 5,39 | 35 | 9,89 | 10 |
| L11 | 2 | 330 | 586 | 330 | 5,405 | 35 | 9,905 | 10 |
| L12 | 2 | 330 | 586 | 330 | 5,405 | 35 | 9,905 | 10 |
| L13 | 2 | 306 | 422 | 295 | 5,29 | 35 | 9,79 | 10 |
| L14 | 2 | 306 | 422 | 295 | 5,428 | 35 | 9,928 | 10 |
| L17 | 4 | 118 | 350 | 118 | 2,478 | 35 | 6,978 | 10 |
| L18 | 4 | 118 | 350 | 118 | 2,478 | 35 | 6,978 | 10 |
| L19 | 3 | 306 | 422 | 295 | 5,28 | 35 | 9,78 | 10 |

3.2.3. Pilares

O pré-dimensionamento dos pilares foi realizado por meio do método da área de influência demonstrado na Figura 7, segundo Pinheiro (2007). Neste preceito, a área total do pavimento é dividida em regiões de influência definida por cada pilar, demonstrando posteriormente, quanto cada pilar absorverá de carga.

Figura 7: Áreas de influência de pilares



Fonte: Pinheiro (2007)

- $0,45 \cdot l$: em pilar de extremidade e de canto, na direção de menor vão;
- $0,55 \cdot l$: nos complementos dos vãos do evento anterior;
- $0,5 \cdot l$: para pilar de extremidade e de canto, na direção de maior vão;

Para determinar a área de seção de cada pilar, utilizou-se a tese de Pinheiro, segundo Vera et al (2019), conforme Equação 4:

$$A_c = \frac{\alpha \cdot A_i \cdot p \cdot (n+0,7)}{\sigma_{id}} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

A_c : área da seção do pilar $b \cdot h$ (cm²)

α : coeficiente que considera as excentricidades de carga, considerando:

- $\alpha = 1,8$ para pilares internos;

- $\alpha = 2,2$ para pilares de excentricidade;
- $\alpha = 2,5$ para pilares de canto;

A_i : área de influência do pilar (cm^2)

p : é o carregamento uniforme distribuído (peso próprio e acidental) (kN/cm^2);

n : Número de pavimentos;

σ_{id} : tensão ideal de cálculo;

A tensão ideal de cálculo é alcançada pela Equação 5:

$$\sigma_{id} = 0,85 * f_{cd} + \rho * \sigma_{s2} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

σ_{id} : Tensão ideal (Kn/cm^2);

f_{cd} : é a resistência de cálculo à compressão do concreto, que corresponde a característica do concreto f_{ck} sobre um coeficiente de ponderação das resistências γ_m de 1,4 (kN/cm^2);

ρ : taxa de armadura (%);

σ_{s2} : é a resistência de cálculo do aço a deformação de 0,2% (kN/cm^2);

De acordo com a ABNT NBR 6120:2019, as ações permanentes são aquelas que agem com valores praticamente constantes, ou com pequena variação em torno de sua média, durante a vida da edificação (como o peso próprio da estrutura e demais elementos construtivos). As ações variáveis são aquelas que apresentam variações significativas em torno de sua média durante a vida da edificação (como ações de uso e ocupação sobre pisos e coberturas, ação do vento e temperatura. Os valores foram calculados de acordo com os dados da ABNT NBR 6118:2023 e com auxílio do programa TQS, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 : ações variáveis consideradas

| Pilar | Lances | Seção (cm) | Σ (kgf/cm²) | v (N) | λ | P (%) | Taxa de aço (kgf/m³) |
|--------------|---------------|-------------------|---|---------------------------|-----------------------------|--------------|--|
| P1 | 1 a 1 | 14X30 | 16.2 a 16.2 | 0.091 a 0.097 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P2 | 1 a 1 | 14X30 | 37 a 37 | 0.207 a 0.224 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P3 | 1 a 1 | 14X30 | 27 a 27 | 0.149 a 0.163 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P4 | 1 a 1 | 14X30 | 16.1 a 16.1 | 0.09 a 0.097 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |

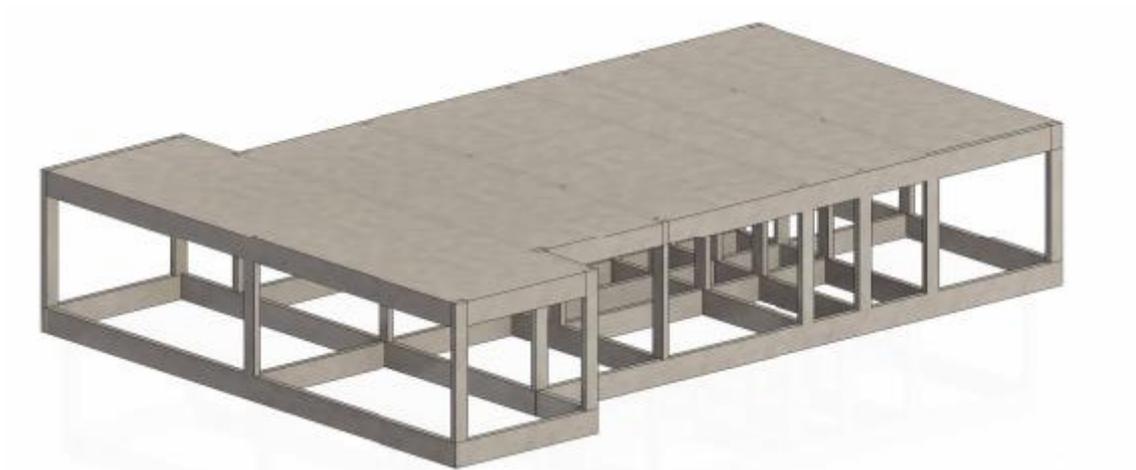
Tabela 3: ações variáveis consideradas (continuação)

| | | | | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------------|-----------------------|----------------|--------------------|--------------|
| P5 | 1 a 1 | 14X30 | 55.1 a 55.1 | 0.302 a 0.341 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P8 | 1 a 1 | 14X30 | 25.8 a 25.8 | 0.142 a 0.155 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P9 | 1 a 1 | 14X30 | 8.7 a 8.7 | 0.049 a 0.055 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P10 | 1 a 1 | 14X30 | -0.4 a -0.4 | -0.006 a 0.017 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P11 | 1 a 1 | 14X30 | 39.7 a 39.7 | 0.217 a 0.24 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P12 | 1 a 1 | 14X30 | 20.3 a 20.3 | 0.109 a 0.122 | 32 a 71 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P13 | 1 a 1 | 14X30 | 7.3 a 7.3 | 0.04 a 0.047 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P14 | 1 a 1 | 14X30 | 26.7 a 26.7 | 0.147 a 0.161 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P16 | 1 a 1 | 14X30 | 42.2 a 42.2 | 0.227 a 0.254 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P17 | 1 a 1 | 14X30 | 23 a 23 | 0.129 a 0.147 | 32 a 71 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P18 | 1 a 1 | 14X30 | 26.6 a 26.6 | 0.146 a 0.16 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P19 | 1 a 1 | 14X30 | 27.2 a 27.2 | 0.152 a 0.163 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P20 | 1 a 1 | 14X30 | 22.6 a 22.6 | 0.127 a 0.144 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P21 | 1 a 1 | 14X30 | 48.5 a 48.5 | 0.27 a 0.297 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P23 | 1 a 1 | 14X30 | 29.2 a 29.2 | 0.163 a 0.178 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P24 | 1 a 1 | 14X30 | 28.3 a 28.3 | 0.159 a 0.175 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P25 | 1 a 1 | 14X30 | 12.5 a 12.5 | 0.07 a 0.074 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P26 | 1 a 1 | 14X30 | 21.7 a 21.7 | 0.121 a 0.131 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P27 | 1 a 1 | 14X30 | 49.9 a 49.9 | 0.279 a 0.303 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P28 | 1 a 1 | 14X30 | 65.5 a 65.5 | 0.366 a 0.412 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P29 | 1 a 1 | 14X30 | 26.7 a 26.7 | 0.15 a 0.167 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P30 | 1 a 1 | 14X30 | 12.2 a 12.2 | 0.069 a 0.073 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |
| P31 | 1 a 1 | 14X30 | 21.5 a 21.5 | 0.121 a 0.13 | 32 a 69 | 0.75 a 0.75 | 123.1 |

Fonte: Autor

Por meio do programa TQS, para todos os pilares do empreendimento foram adotados os valores de 14x30cm, de acordo com a planta de forma. O modelo tridimensional da estrutura pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8: Modelo tridimensional da Estrutura



Fonte: Autor

3.3. Projeto Hidrossanitário

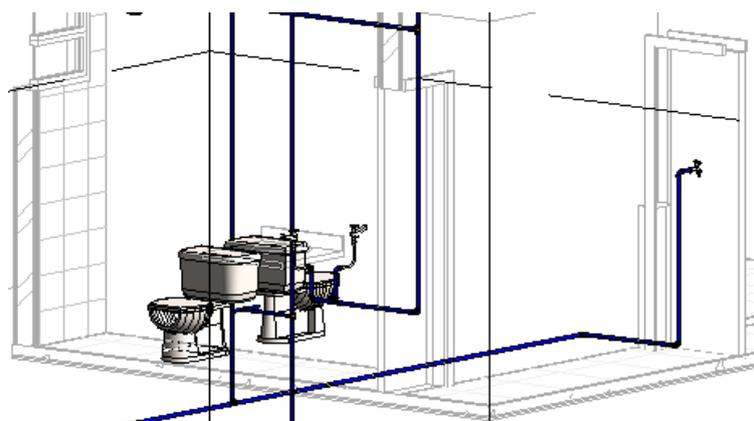
No projeto hidrossanitário foram desenvolvidos os sistemas de água fria, drenagem pluvial e esgoto, seguindo os parâmetros das respectivas normativas.

3.3.1. Sistema de Água Fria

Para a modelagem do sistema de água fria utilizou-se o plugin “DarivaBIM” no Revit conforme Figura 9 e o dimensionamento foi realizado em planilha eletrônica com base na ABNT NBR 5626:1998 (Tabela 4).

Conforme a norma, a pressão mínima exigida em um ponto de utilização é de 10 Kpa ou 1 m.c.a, e de acordo com o Item 6.9.3 a pressão mínima de rede é de 5 Kpa ou 0,5 m.c.a. A velocidade máxima recomendada é de 3 m/s, de acordo com o item 6.8.3. Com

Figura 9: Modelagem do sistema de água fria



Fonte: Autor

Tabela 4: Dimensionamento de Água Fria

| Trecho | Soma de Peso | Vazão Estimada (L/s) | Diâmetro Nominal (mm) | Velocidade (m/s) | Perda de Carga Unitária (kPa/m) | Diferença de Cota (m) | Comprimento da tubulação (m) | Comprimento da tubulação equivalente (m) | Perda de Carga Total (kPa/m) | Pressão Requerida no ponto de utilização (kPa) | Pressão Disponível (kPa) |
|--------|--------------|----------------------|-----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|--|------------------------------|--|--------------------------|
| 1--2 | 0.7 | 0.25 | 20 | 0.8 | 0.51 | 1.18 | 1.54 | 1.4 | 1.50 | 5 | 10.30 |
| 2--3 | 0.1 | 0.1 | 20 | 0.30 | 0.09 | 0 | 2.03 | 1.2 | 0.30 | 10 | 10,00 |
| 3--4 | 0.6 | 0.23 | 20 | 0.74 | 0.45 | 1.96 | 2.61 | 0.8 | 1.52 | 5 | 28.07 |
| 4--5 | 0.3 | 0.16 | 20 | 0.52 | 0.24 | 0.2 | 0.2 | 1 | 0.29 | 10 | 25.78 |
| 4--6 | 0.3 | 0.16 | 20 | 0.52 | 0.24 | 0.21 | 0.37 | 0.8 | 0.28 | 10 | 23.39 |
| a--b | 0.1 | 0.1 | 20 | 0.30 | 0.09 | 1.06 | 2.2 | 1.6 | 0.35 | 10 | 10.24 |
| 1"--2" | 2 | 0.42 | 20 | 1.35 | 1.28 | 3.5 | 2.75 | 0.1 | 3.65 | 5 | 31.35 |
| 2"--3" | 0.6 | 0.23 | 20 | 0.74 | 0.44 | 0 | 0.433 | 1 | 0.64 | 5 | 30.71 |
| 3"--4" | 0.3 | 0.16 | 20 | 0.52 | 0.24 | 0 | 0.2 | 1 | 0.29 | 10 | 30.42 |
| 3"--5" | 0.3 | 0.16 | 20 | 0.52 | 0.24 | 0 | 0.2 | 1 | 0.29 | 10 | 30.12 |
| 2"--6" | 1.4 | 0.35 | 20 | 1.13 | 0.94 | 1 | 7.84 | 0.7 | 8.01 | 5 | 32.12 |
| 6"--7" | 1.4 | 0.35 | 20 | 1.13 | 0.94 | 1.58 | 3.44 | 1.7 | 4.82 | 10 | 11.50 |

Fonte: Autor

Para dimensionar o sistema de água fria foram cumpridas as seguintes etapas:

A determinação de cada novo trecho ocorre no momento de uma mudança de vazão ou alteração do diâmetro da tubulação.

Os pesos são valores tabelados que auxiliam a dimensionar alguns itens como a vazão e o diâmetro do tubo. Foram adotados os pesos na Figura 10 da ABNT NBR 5626: 1998.

Figura 10: Vazões de projeto e pesos relativos dos aparelhos hidrossanitários

| Aparelho sanitário | | Peça de utilização | Vazão de projeto L/s | Peso relativo |
|--|---------------------|---|-------------------------|---------------|
| Bacia sanitária | | Caixa de descarga | 0,15 | 0,3 |
| | | Válvula de descarga | 1,70 | 32 |
| Banheira | | Misturador (água fria) | 0,30 | 1,0 |
| Bebedouro | | Registro de pressão | 0,10 | 0,1 |
| Bidê | | Misturador (água fria) | 0,10 | 0,1 |
| Chuveiro ou ducha | | Misturador (água fria) | 0,20 | 0,4 |
| Chuveiro elétrico | | Registro de pressão | 0,10 | 0,1 |
| Lavadora de pratos ou de roupas | | Registro de pressão | 0,30 | 1,0 |
| Lavatório | | Torneira ou misturador (água fria) | 0,15 | 0,3 |
| Mictório cerâmico | com sifão integrado | Válvula de descarga | 0,50 | 2,8 |
| | sem sifão integrado | Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório | 0,15 | 0,3 |
| Mictório tipo calha | | Caixa de descarga ou registro de pressão | 0,15 por metro de calha | 0,3 |
| Pia | | Torneira ou misturador (água fria) | 0,25 | 0,7 |
| | | Torneira elétrica | 0,10 | 0,1 |
| Tanque | | Torneira | 0,25 | 0,7 |
| Torneira de jardim ou lavagem em geral | | Torneira | 0,20 | 0,4 |

Fonte: ABNT NBR 5626: 1998

Para definir a vazão, é necessário saber a somatória de peso para cada trecho, obtida pela Equação 6:

$$Q = 0,3 * \sqrt{\sum P} \quad (\text{Equação 6})$$

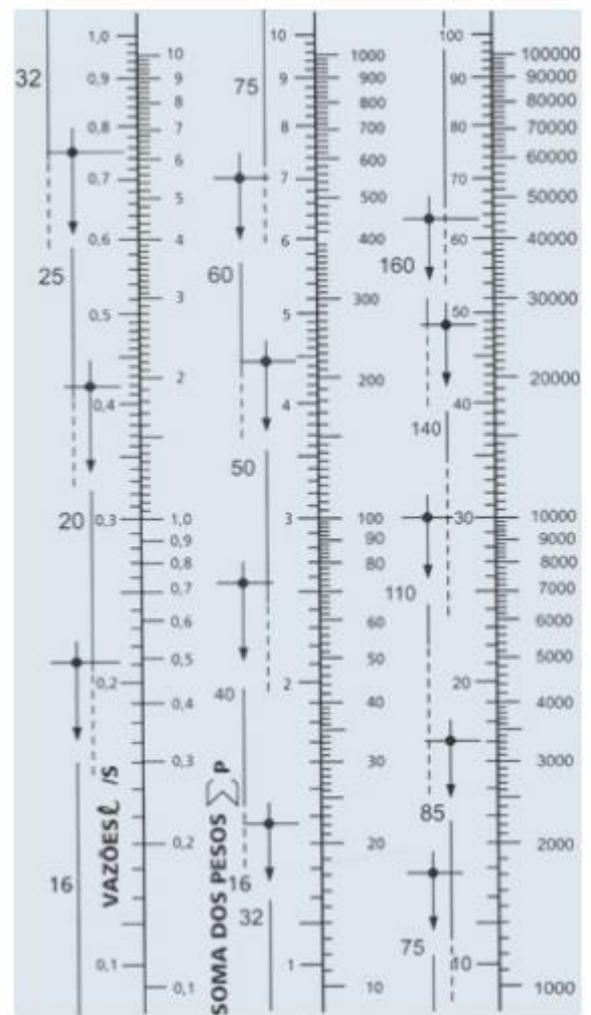
Onde:

P : é a somatória dos pesos de cada trecho;

Q : Vazão em (L/s);

Para definir os diâmetros das tubulações baseou-se no ábaco da Figura 11:

Figura 11: Ábaco



Fonte: ABNT NBR 5626:1998

Cálculo da Velocidade

A velocidade de escoamento é descrita pela Equação 7:

$$V = \frac{4 \cdot Q \cdot 10^3}{\pi \cdot D^2} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

Q : Vazão em (L/s);

D : Diâmetro adotado em (mm);

V : velocidade em (m/s);

3.3.1.6 Perda de Carga Unitária

É a perda de carga que representa o decréscimo de pressão a cada metro de tubulação. É calculada pela Equação 8:

$$J = 8,69 * 10^6 * Q^{1,75} * D^{-4,75} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

Q : Vazão em (L/s);

D : Diâmetro em (mm);

J : Perda de Carga Unitária em (Kpa/m);

3.3.1.7 Perda de Carga Total

A perda de carga total refere-se a soma das perdas de cargas e é representada pela Equação 9:

$$\Delta H = J * (Lr + La) \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

J : Perda de Carga Unitária em (Kpa/m);

Lr : Comprimento real das tubulações (m);

La : é o comprimento equivalente das conexões (m);

ΔH : Perda de carga total (Kpa);

O comprimento equivalente " La " são valores dados as conexões para auxiliar no momento do cálculo, demonstrando que cada conexão proporciona perda de carga igual a um determinado comprimento de tubulação. Esses comprimentos são apresentados na Figura 12.

Figura 12: Perda de carga de acordo com o tipo de conexão

| Diâmetro nominal (DN) | Tipo de conexão | | | | | |
|-----------------------|-----------------|--------------|-----------|-----------|--------------------|---------------------|
| | Cotovelo 90° | Cotovelo 45° | Curva 90° | Curva 45° | Tê passagem direta | Tê passagem lateral |
| 15 | 1,1 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,7 | 2,3 |
| 20 | 1,2 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,8 | 2,4 |
| 25 | 1,5 | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,9 | 3,1 |
| 32 | 2,0 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 1,5 | 4,6 |
| 40 | 3,2 | 1,0 | 1,2 | 0,6 | 2,2 | 7,3 |
| 50 | 3,4 | 1,3 | 1,3 | 0,7 | 2,3 | 7,6 |
| 65 | 3,7 | 1,7 | 1,4 | 0,8 | 2,4 | 7,8 |
| 80 | 3,9 | 1,8 | 1,5 | 0,9 | 2,5 | 8,0 |
| 100 | 4,3 | 1,9 | 1,6 | 1,0 | 2,6 | 8,3 |
| 125 | 4,9 | 2,4 | 1,9 | 1,1 | 3,3 | 10,0 |
| 150 | 5,4 | 2,6 | 2,1 | 1,2 | 3,8 | 11,1 |

Fonte: ABNT NBR 5626:1998

A ABNT NBR 5626:1998 determina que a pressão máxima admitida nas tubulações é de 400 Kpa. A pressão mínima depende do tipo de elemento de cada trecho como, bacia sanitária com caixa acoplada com pressão mínima de 5 Kpa, tubulações 5 Kpa e outros pontos de utilização com pressão mínima de 10 Kpa. Sabendo disso a pressão de cada trecho deve ser calculada a partir da seguinte Equação 10:

$$P(x) = P(x - 1) + (cota * 10) - \Delta H \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

$P(x)$: Pressão Disponível no trecho (Kpa);

$P(x - 1)$: Pressão disponível no trecho anterior (Kpa);

$cota$: Desnível geométrico (m);

ΔH : Perda de carga total (Kpa);

3.3.2. Esgoto e Ventilação

Para o dimensionamento do sistema de esgoto baseou-se nas tabelas fornecidas pela ABNT NBR 8160:1999. O método utilizado foi o cálculo por Unidades Hunter de Contribuição (UHC), fator numérico que representa a contribuição considerada em

função da utilização habitual de cada tipo de aparelho sanitário. Pode-se dividir os sistemas de esgoto em quatro partes: ramais de descarga, ramais de esgoto, subcoletores e coletor predial. Ramais de descarga são aqueles que recebem diretamente o efluente do aparelho sanitário, os ramais de esgoto são os que recebem os efluentes dos ramais de descarga diretamente ou por meio de algum desconector como caixas sifonadas. Os subcoletores são os que recebem efluentes de um ou mais ramais de esgoto (ou de tubos de queda), enquanto o coletor predial é o último trecho compreendido entre o último subcoletor, ramal de esgoto, ramal de descarga ou caixa de inspeção geral até o coletor público. O Item 5.1.2.1 da ABNT NBR 8160:1999 define, pela Figura 13 o número de UHC de cada aparelho sanitário, bem como o diâmetro nominal mínimo que os ramais de descarga devem possuir.

Figura 13: UHC de aparelhos sanitários e diâmetros mínimos de ramais

| Aparelho sanitário | | Número de unidades de Hunter de contribuição | Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i> |
|----------------------------|---------------------|--|---|
| Bacia sanitária | | 6 | 100 ¹⁾ |
| Banheira de residência | | 2 | 40 |
| Bebedouro | | 0,5 | 40 |
| Bidê | | 1 | 40 |
| Chuveiro | De residência | 2 | 40 |
| | Coletivo | 4 | 40 |
| Lavatório | De residência | 1 | 40 |
| | De uso geral | 2 | 40 |
| Mictório | Válvula de descarga | 6 | 75 |
| | Caixa de descarga | 5 | 50 |
| | Descarga automática | 2 | 40 |
| | De calha | 2 ²⁾ | 50 |
| Pia de cozinha residencial | | 3 | 50 |
| Pia de cozinha industrial | Preparação | 3 | 50 |
| | Lavagem de panelas | 4 | 50 |
| Tanque de lavar roupas | | 3 | 40 |
| Máquina de lavar louças | | 2 | 50 ³⁾ |
| Máquina de lavar roupas | | 3 | 50 ³⁾ |

¹⁾ O diâmetro nominal *DN* mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para *DN* 75, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 6452:1985 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de *DN* 75, sem necessidade de peça especial de adaptação.

²⁾ Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: ABNT NBR 8160:1999

O Item 5.1.2.3 da ABNT NBR 8160:1999 detalha os diâmetros mínimos dos ramais de esgoto enquanto o Item 5.1.4.1 trata sobre os diâmetros mínimos dos subcoletores e

coletores prediais em função das declividades mínimas, conforme Figuras 14 e 15, respectivamente.

Figura 14: Diâmetros mínimos dos ramais de esgoto

| Diâmetro nominal mínimo do tubo <i>DN</i> | Número máximo de unidades de Hunter de contribuição UHC |
|--|--|
| 40 | 3 |
| 50 | 6 |
| 75 | 20 |
| 100 | 160 |

Fonte: ABNT NBR 8160:1999

Figura 15: Diâmetros Mínimos dos subcoletores e coletor predial

| Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i> | Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas % | | | |
|---------------------------------------|--|-------|--------|--------|
| | 0,5 | 1 | 2 | 4 |
| 100 | - | 180 | 216 | 250 |
| 150 | - | 700 | 840 | 1 000 |
| 200 | 1 400 | 1 600 | 1 920 | 2 300 |
| 250 | 2 500 | 2 900 | 3 500 | 4 200 |
| 300 | 3 900 | 4 600 | 5 600 | 6 700 |
| 400 | 7 000 | 8 300 | 10 000 | 12 000 |

Fonte: ABNT NBR 8160:1999

A partir dessas referências foi realizado o dimensionamento do sistema de esgoto, separando os trechos de acordo com sua classificação, que pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5: Dimensionamento da rede de esgoto

| Trecho | Ponto Inicial | Ponto Final | UHC Total | DN | Tipo |
|--------|-------------------|-------------------|-----------|-----|-------------------|
| 1 | Lavatório | Caixa Sifonada 1 | 1 | 40 | Ramal de Descarga |
| 2 | Chuveiro | Caixa Sifonada 1 | 2 | 40 | Ramal de Descarga |
| 3 | Bacia Sanitária | Caixa de Passagem | 6 | 100 | Ramal de Esgoto |
| 4 | Tanque | Caixa Sifonada 3 | 3 | 40 | Ramal de Descarga |
| 3" | Bacia Sanitária | Caixa de Passagem | 6 | 100 | Ramal de Esgoto |
| 2" | Chuveiro | Caixa Sifonada 2 | 2 | 40 | Ramal de Descarga |
| 1" | Lavatório | Caixa Sifonada 2 | 1 | 40 | Ramal de Descarga |
| a | Caixa sifonada 1 | Caixa de Passagem | 6 | 100 | Ramal de Descarga |
| b | Caixa sifonada 2 | Caixa de Passagem | 6 | 100 | Ramal de Descarga |
| c | Caixa sifonada 3 | Caixa de Passagem | 6 | 100 | Ramal de Descarga |
| d | Caixa de Passagem | Caixa de Inspeção | 6 | 100 | Sub-Coletor |

Fonte: Autor

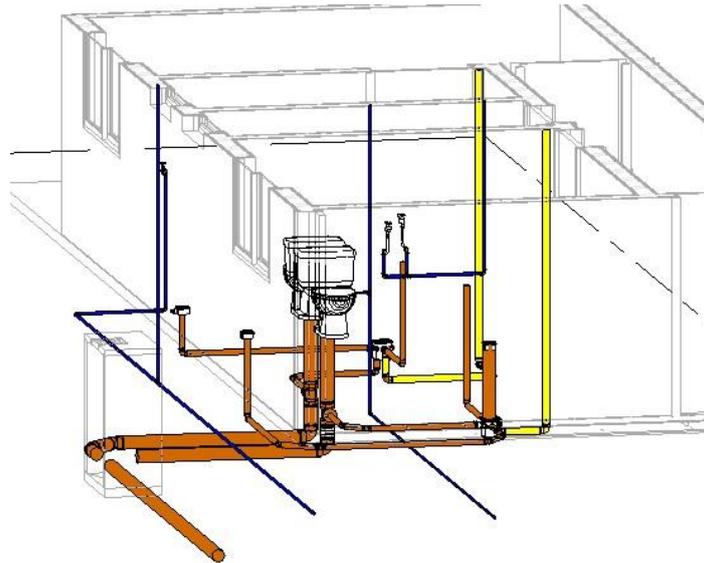
O dimensionamento do sistema de ventilação é realizado também conforme a ABNT NBR 8160:1999, para garantir ventilação apropriada nos trechos que contêm bacias sanitárias. Com isso, de acordo com a Figura 16 para grupos de aparelhos com bacia sanitária o ramal de ventilação deverá possuir diâmetro nominal de 50, demonstrado na Figura 17.

Figura 16: Dimensionamento de ramais de ventilação

| Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias | | Grupo de aparelhos com bacias sanitárias | |
|--|---|--|---|
| Número de unidades de Hunter de contribuição | Diâmetro nominal do ramal de ventilação | Número de unidades de Hunter de contribuição | Diâmetro nominal do ramal de ventilação |
| Até 12 | 40 | Até 17 | 50 |
| 13 a 18 | 50 | 18 a 60 | 75 |
| 19 a 36 | 75 | - | - |

Fonte: ABNT NBR 8160:1999

Figura 17: Sistema de esgoto e ventilação



Fonte: Autor

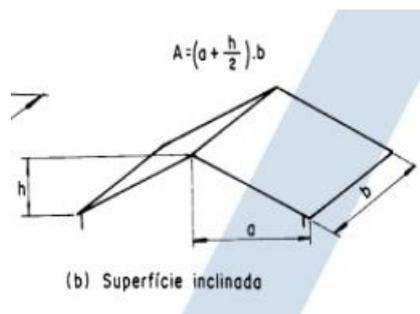
3.3.3. Sistema de Drenagem Pluvial

Para o dimensionamento do sistema de drenagem pluvial, foram aplicadas as definições da ABNT NBR 10844: 1989, apresentado na sequência.

Para determinar a intensidade pluviométrica é necessário definir o tempo de retorno, 5 anos para cobertura. De acordo com a tabela da ABNT NBR 10844, a intensidade pluviométrica da cidade de Uberlândia é de 122mm/h.

Para calcular a área de contribuição é necessário utilizar algumas fórmulas, semelhante a edificação, de acordo com a Figura 18.

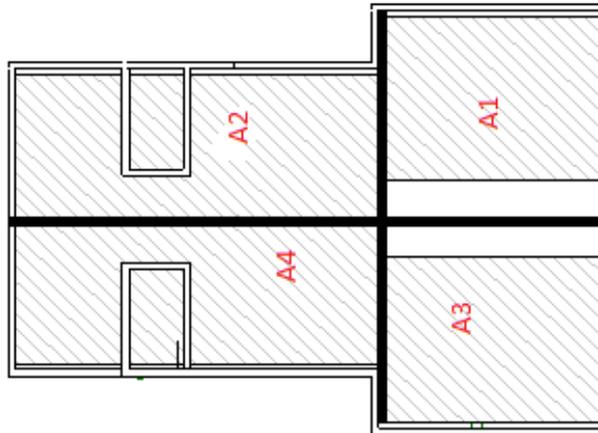
Figura 18: Tipos de Superfície e área de influência



Fonte: ABNT NBR 10844: 1989

A partir da fórmula da Figura 19 foram realizados os cálculos das áreas de influências da cobertura, dividida em 4 partes, conforme Figura 19.

Figura 19: – Áreas de influências da cobertura



Fonte: Autor

Após determinar a intensidade pluviométrica e a área de contribuição, foi calculada a vazão de projeto pelo seguinte Equação 11:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

I : Intensidade pluviométrica em mm/h;

A : área de contribuição em m²;

Q : Vazão de Projeto em L/min;

Assim, o dimensionamento da vazão é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Vazão de projeto

| Trecho | Área de Contribuição (m ²) | Vazão de Projeto (L/min) |
|--------|--|--------------------------|
| A1 | 39.37 | 80.06 |
| A2 | 45.54 | 92.59 |
| A3 | 39.75 | 80.06 |
| A4 | 45.54 | 92.59 |

Fonte: Autor

Sabendo que as calhas adotadas no projeto o coeficiente de rugosidade é 0,11, de acordo com a Figura 20 da ABNT NBR 10844:1989.

Figura 20: Coeficientes de Rugosidade

| Material | n |
|--|-------|
| plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos | 0,011 |
| ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida | 0,012 |
| cerâmica, concreto não-alisado | 0,013 |
| alvenaria de tijolos não-revestida | 0,015 |

Fonte: ABNT NBR 10844: 1989

Com base nos valores da Figura 21, declividade adotada de 0,5%, e vazão de projeto para cada calha, adquiriu-se os seguintes resultados:

- Calha (referente a área de contribuição A1): 100mm;
- Calha (referente a área de contribuição A2): 100mm;
- Calha (referente a área de contribuição A3): 100mm;
- Calha (referente a área de contribuição A4): 100mm;

Figura 21: Capacidade das calhas com coeficientes de rugosidade = 0,11

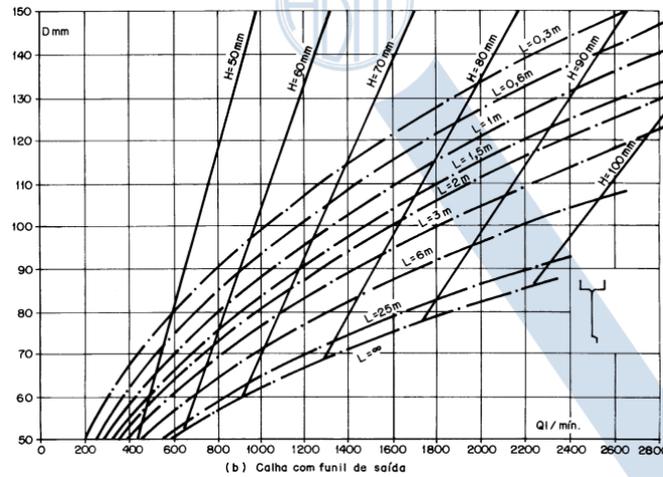
| Diâmetro interno (mm) | Declividades | | |
|-----------------------|--------------|-------|-------|
| | 0,5% | 1% | 2% |
| 100 | 130 | 183 | 256 |
| 125 | 236 | 333 | 466 |
| 150 | 384 | 541 | 757 |
| 200 | 829 | 1.167 | 1.634 |

Fonte: ABNT NBR 10844: 1989

Para o dimensionamento dos condutores verticais, necessita-se das vazões de saída, ou seja, as vazões nos trechos das calhas. Por meio do ábaco da ABNT NBR 10844:

1989, consegue-se encontrar os valores dos diâmetros dos condutores verticais conforme a Figura 22.

Figura 22: Ábaco para determinar diâmetro de condutores verticais

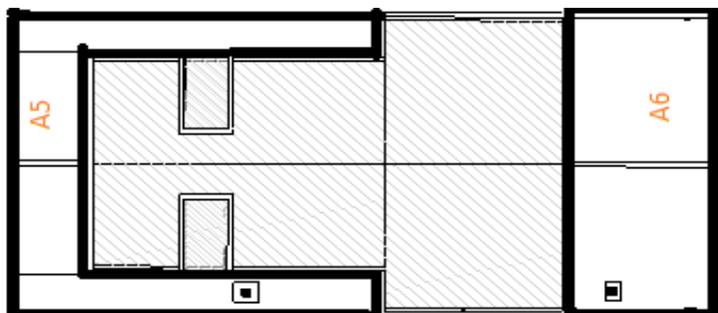


Fonte: ABNT NBR 10844: 1989

De posse dessas informações, consegue-se observar que para nenhuma das vazões ocorre intersecção entre as linhas L e H. Dessa forma, os valores dos condutores verticais serão de 70 mm.

Para determinar os condutores horizontais, é necessário adquirir os valores das vazões de projeto, para os quais são somados os valores das vazões dos condutores verticais e das vazões das áreas de contribuição do piso (Figura 23).

Figura 23: Área de contribuição do piso



Fonte: Autor

Com as vazões, e a Figura 24 da ABNT NBR 10844:1989 é possível determinar o diâmetro dos condutores horizontais (Tabela 7).

Figura 24: Capacidade de condutores horizontais em L/min

| | Diâmetro interno (D) (mm) | n = 0,011 | | | | n = 0,012 | | | | n = 0,013 | | | |
|---|---------------------------|-----------|-------|-------|--------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | | 0,5 % | 1 % | 2 % | 4 % | 0,5 % | 1 % | 2 % | 4 % | 0,5 % | 1 % | 2 % | 4 % |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | 50 | 32 | 45 | 64 | 90 | 29 | 41 | 59 | 83 | 27 | 38 | 54 | 76 |
| 2 | 75 | 95 | 133 | 188 | 267 | 87 | 122 | 172 | 245 | 80 | 113 | 159 | 226 |
| 3 | 100 | 204 | 287 | 405 | 575 | 187 | 264 | 372 | 527 | 173 | 243 | 343 | 486 |
| 4 | 125 | 370 | 521 | 735 | 1.040 | 339 | 478 | 674 | 956 | 313 | 441 | 622 | 882 |
| 5 | 150 | 602 | 847 | 1.190 | 1.690 | 552 | 777 | 1.100 | 1.550 | 509 | 717 | 1.010 | 1.430 |
| 6 | 200 | 1.300 | 1.820 | 2.570 | 3.650 | 1.190 | 1.670 | 2.360 | 3.350 | 1.100 | 1.540 | 2.180 | 3.040 |
| 7 | 250 | 2.350 | 3.310 | 4.660 | 6.620 | 2.150 | 3.030 | 4.280 | 6.070 | 1.990 | 2.800 | 3.950 | 5.600 |
| 8 | 300 | 3.820 | 5.380 | 7.590 | 10.800 | 3.500 | 4.930 | 6.960 | 9.870 | 3.230 | 4.550 | 6.420 | 9.110 |

Fonte: ABNT NBR 10844:1989

Tabela 7: Diâmetro dos Condutores Horizontais

| | Área de Contribuição | Condutores Horizontais | Queda de 0,5 |
|---|----------------------|------------------------|--------------|
| 1 | 176.62 | 359.12 | 150mm |
| 2 | 176.62 | 359.12 | 150mm |

Fonte: Autor

Assim, o diâmetro dos condutores horizontais foi de 150mm.

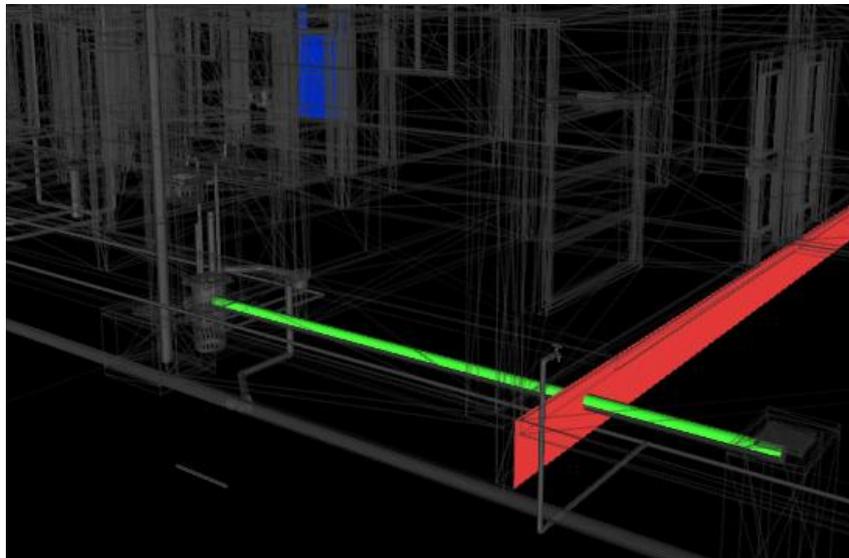
3.4. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Com todos os projetos finalizados, foi realizada a compatibilização por meio do software Autodesk Navisworks®, onde foram inseridos os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário. Com a função “Clash Detective”, verificou-se a interposição de peças e sistemas na mesma posição, que causaram incompatibilidades.

É importante ressaltar que todos os elementos que o software encontra sobrepostos são considerados como incompatibilidades, como por exemplo tubulações

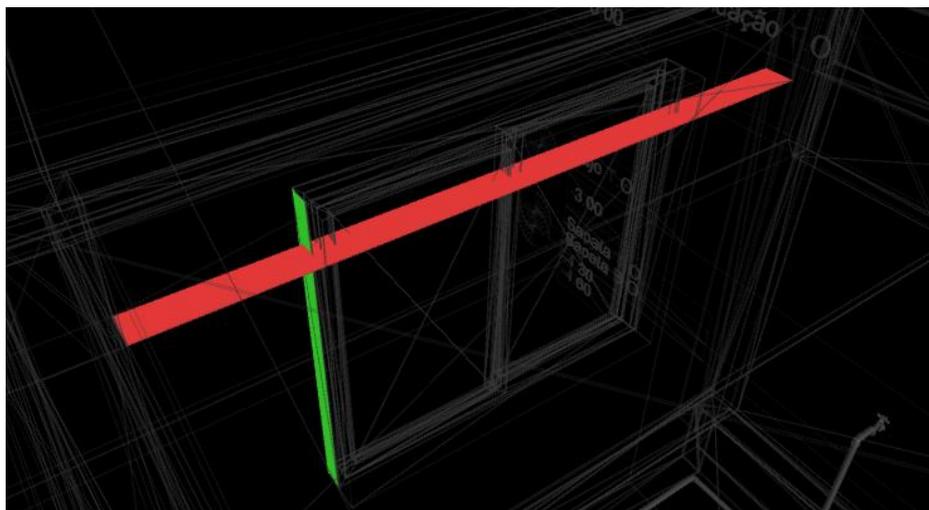
que passam em vigas baldrame, porém, após o término do projeto hidrossanitário, os trajetos das tubulações nas vigas baldrame são demarcados, a fim de permitir as passagens dessas tubulações. Na verdade, são interferências comuns à obra e não incompatibilidades. Após análises, foram encontradas as seguintes incompatibilidades: Tubulação de esgoto passando na viga baldrame (Figura 25), viga coincidindo com a janela (Figura 26), tubulação de alimentação passando pela viga (Figura 27), caixa de Passagem coincidindo com a viga baldrame (Figura 28).

Figura 25: Tubulação de esgoto passando na viga baldrame



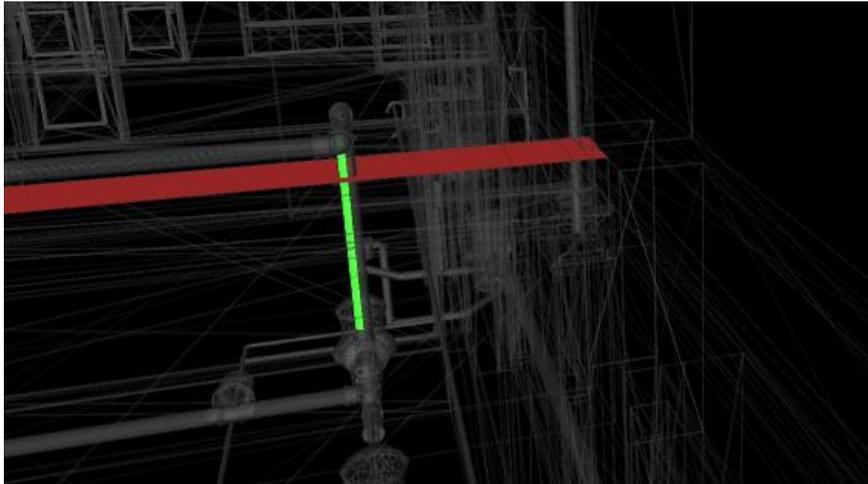
Fonte: Autor

Figura 26: Viga coincidindo com a janela



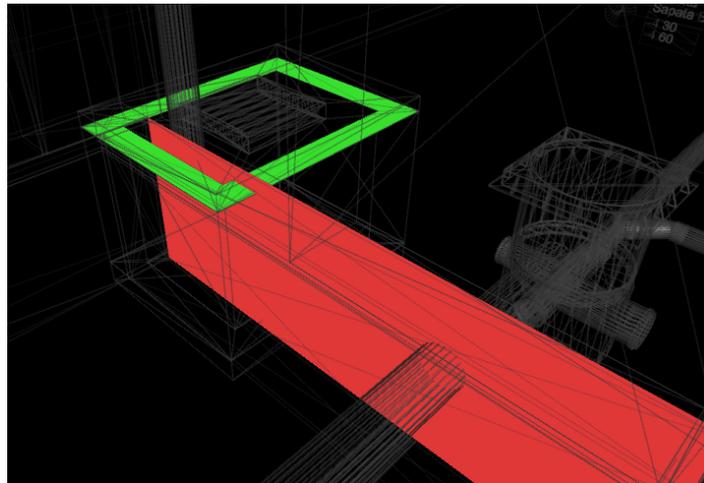
Fonte: Autor

Figura 27: Tubulação de alimentação passando pela viga



Fonte: Autor

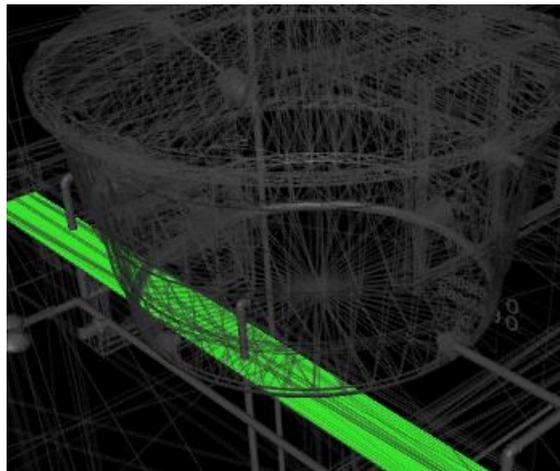
Figura 28: Caixa de Passagem coincidindo com a viga baldrame



Fonte: Autor

O software apresentou como incompatibilidade a tubulação do barrilete furar a laje (Figura 29), no entanto, não é de fato uma incompatibilidade, pois esse furo deve existir, e não será prejudicial a estrutura, porém deverá ser feita uma passagem com o diâmetro maior, devido a movimentação estrutural, a fim de impedir agravantes nas tubulações.

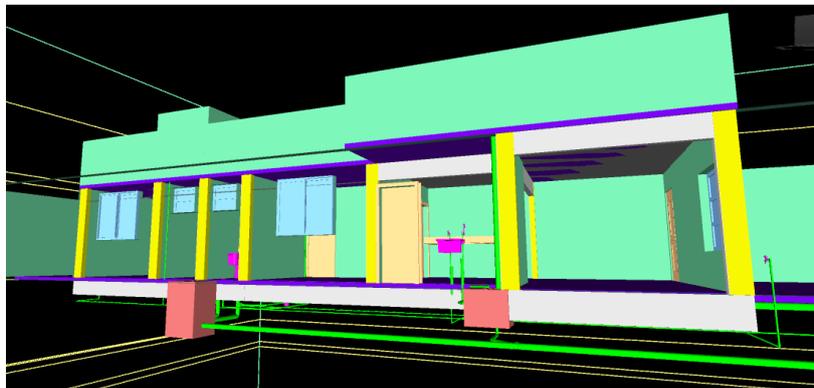
Figura 29: alta de previsão de abertura na laje para passagem de tubulação



Fonte: Autor

Após a checagem de interferências, foi realizada a compatibilização dos projetos nas plataformas de origem, e nova checagem de interferências no Navisworks, demonstrando que os projetos estavam devidamente compatibilizados. Com isso, após a compatibilização dos projetos (Figura 30), a etapa de compatibilização de projetos foi finalizada.

Figura 30: Compatibilização dos projetos



Fonte: Autor

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento dos projetos diretamente em plataformas BIM, foi possível perceber maior facilidade tanto na elaboração dos projetos quanto na compatibilização desses, tornando o processo fluido.

Um ponto importante a ser ressaltado é que na elaboração dos projetos em plataformas BIM se faz necessário o conhecimento amplo das ferramentas e experiência no canteiro de obras para desenvolver um empreendimento coeso. Com isso, agregando os conhecimentos adquiridos no estágio, com os do curso da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) foi possível optar por soluções apropriadas, a fim de integrar bem os projetos.

Com o término deste Trabalho de Conclusão de Curso foi possível verificar que quanto maior o acúmulo de conhecimento do usuário referente a metodologia BIM e ao desenvolvimento de projetos, maior será a possibilidade de sucesso na informação da construção.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Max Lira; RUSCHEL, Regina Coeli. **BIM: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e Tendências**. In: São Carlos, SP, Brasil: [s.n., s.d.], p. 602–613.

Disponível em:

<<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/ocs/index.php/SBQP2009/SBQP2009/paper/view/166>>. Acesso em: 3 fev. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16636-1**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos Parte 1: Diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

CARVALHO, Nyanne Maia de. **CONFORMIDADE QUANTO AO DESEMPENHO ESTRUTURAL**: avaliação do atendimento de prédios públicos à nbr 15575-2. 2022. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/7972/1/NyanneMC_MONO.pdf. Acesso em: 26 jan. 2023.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **INSTALAÇÕES PREDIAIS HIDRÁULICOSANITÁRIAS**: princípios básicos para elaboração de projetos. 1ª edição. São Paulo: Blucher, 2014.

CORRÊA, R. M.; NAVIERO, R. M. **IMPORTÂNCIA DO ENSINO DA INTEGRAÇÃO DOS PROJETOS DE ARQUITETURA E ESTRUTURA DE EDIFÍCIOS**: fase de lançamento das

estruturas. In: III WORKSHOP GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Anais... São Carlos: USP, 2001. 5p.

DAROS, José. **GUIA COMPLETO**: BIM 10D construção industrializada. 2019. Disponível em: <<https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

EASTMAN, Chuck. et al. **MANUAL DE BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021. 585p.