

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS PONTES LIMA

**Uso do Building Information Modeling (BIM) no desenvolvimento do projeto
hidrossanitário de uma unidade residencial unifamiliar**

Maceió
2020

MATHEUS PONTES LIMA

**Uso do Building Information Modeling (BIM) no desenvolvimento do projeto
hidrossanitário de uma unidade residencial unifamiliar**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Barboza de Lima

Maceió

2020

Folha de Aprovação

AUTOR: MATHEUS PONTES LIMA

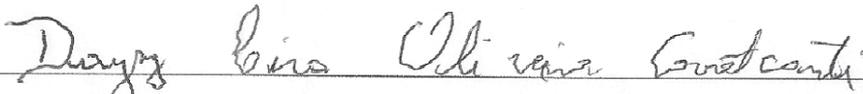
Uso do Building Information Modeling (BIM) no desenvolvimento do projeto hidrossanitário de uma unidade residencial unifamiliar. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Alagoas.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovada em 28 de dezembro de 2020.

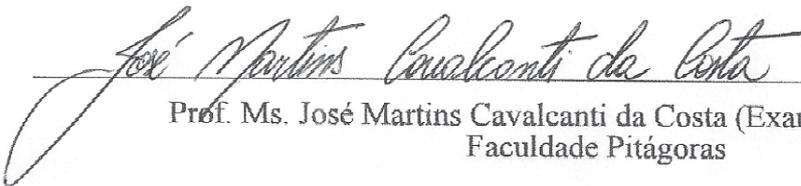


Prof. Dr. Flávio Barboza de Lima (Orientador)
Universidade Federal de Alagoas

Banca Examinadora:



Prof.ª Dr.ª Daysy Lira Oliveira Cavalcanti (Examinador Interno)
Universidade Federal de Alagoas



Prof. Ms. José Martins Cavalcanti da Costa (Examinador Externo)
Faculdade Pitágoras

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a meus pais, por dar todo o suporte e condições necessárias ao longo da minha vida para poder alcançar meus objetivos. Por todos os ensinamentos, educação e dedicação. Ao meu irmão, que sempre esteve presente para ajudas, compartilhamento de ideias e suporte ao longo da vida e do curso, inclusive no TCC.

Ao PET Engenharia Civil, que foi minha primeira casa na Universidade e que foi fundamental para meu desenvolvimento na parte pessoal e profissional. Agradecer em especial a minha geração, que apesar de ter sofrido uma baixa, sempre foi muito amiga, e a todas as amizades formadas no grupo, que foram muito importantes nesses anos de UFAL. À oportunidade de participar do PAESPE, como professor voluntário de física, que é um programa incrível que auxilia inúmeros alunos por ano.

À família EJEC, que foi meu segundo grupo acadêmico e é uma empresa incrível que a cada ano que passa vem crescendo cada vez mais e se destacando no cenário nacional, lutando sempre por um Brasil mais empreendedor e inovador. Foi muito gratificante poder participar ativamente e efetivamente das gestões Audaz (2018) e Voraz (2019). Agradecer em especial aos meus companheiros da diretoria de Marketing em 2018, Gente e Gestão 2019 e a Diretoria Executiva de 2019, que sempre formaram muita parceria, carinho e ajuda nos momentos mais conturbados e de todas as pessoas mais próximas e especiais que me aturaram ao longo dessas gestões. A todos os professores orientadores que contribuíram de forma enriquecedora para o desenvolvimento profissional e aprendizados no ramo de projetos e empreendedorismo.

À chapa Realiza do CAEC, meu terceiro grupo acadêmico, que buscou sempre trazer melhorias para o curso de Engenharia Civil, e desenvolver senso crítico para questões internas da nossa Universidade. À diretoria de Assuntos Acadêmicos que deu espaço para dar ideias e ter ações, ajudando a lidar melhor com a interface discente e docente, sempre tentando trazer o melhor. E a todos os momentos na sala de permanência que tornaram os períodos mais leves.

Ao professor Barbirato que me deu oportunidade e me orientou durante o período de monitoria da disciplina de Teoria das Estruturas II.

Ao professor Flávio Barboza, que pude ser aluno em duas disciplinas e tive um contato maior durante o tempo de EJEC, sempre me auxiliando e assessorando nos projetos. Além disso, foi muito importante por me orientar no TCC e se mostrar bastante solícito para ter um trabalho relevante e objetivo.

Aos amigos e colegas de curso pelos momentos de estudo, descontração e as inúmeras versões do BBFest, que fizeram falta nesse ano.

*“Whenever I’m about to do something, I think
‘Would an idiot do that?’ And if they would, I do
not do that thing.”*

(Dwight Schrute. The Office)

RESUMO

LIMA, M.P. **Uso do *Building Information Modeling* (BIM) no desenvolvimento do projeto hidrossanitário de uma unidade residencial unifamiliar**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação – Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió.

Nos dias atuais, a utilização do *Building Information Modeling* para os projetos hidrossanitários ainda não foi amplamente aderida no Brasil. O valor associado ao uso da tecnologia, a falta de qualificação da mão de obra e a resistência pessoal do engenheiro são alguns dos empecilhos colocados para a não utilização. Entretanto, com o Decreto nº 10.306 os escritórios passam a investir na atualização e inovação. Com a reformulação e modernização do que está sendo utilizado no mercado, como novas ferramentas, por exemplo, será possível entender a necessidade e trazer a urgência dessa atualização, fazendo com que as futuras obras apresentem melhores execuções, com redução de gastos e problemas de compatibilização, este último podendo ser feito a partir de análise de colisões (*clash detection*) e na interoperabilidade entre os arquivos das diversas disciplinas (como o elétrico, estrutural, entre outros). Este trabalho tem por finalidade a elaboração de um projeto hidrossanitário, utilizando a metodologia BIM 3D, afim de abrir um caminho para a maior utilização desse conceito na universidade. Para isto, foi utilizado o software *Autodesk Revit 2021* para os desenhos e detecção de conflitos e o *Microsoft Excel* para os dimensionamentos dos sistemas.

Palavras-chave: Projeto hidrossanitário, BIM, Revit MEP.

ABSTRACT

LIMA, M.P. **Use of Building Information Modeling (BIM) for a plumbing design of a single-family house.** 2020. Undergraduate thesis (Civil Engineering) – Federal University of Alagoas - UFAL, Maceió.

Nowadays, *Building Information Modeling* isn't commonly used for plumbing design at Brazil. This fact probably occurs due to the lack of specialization of the workers, the high value associated by the technology usage and the engineer resistance to adopting this methodology. However, because of Decree number 10.306, offices are getting updated to this new system and investing in innovation. With the reformulation and upgrade from the methods that are being using at Civil Engineer market, like new programs, for example, it will be possible to understand the need and the urge of renovation, making possible that the constructions in the future have better executions, reducing capital outlay and compatibilization problems. This last one can be analyzed by clash detection and by the interoperability between others systems design (such as electrical, structural, and others). The goal from this work consists in the use of BIM 3D for a plumbing design, in order to amplify this methodology utilization at the university and encourage new studies. For this, for the drawings and clash detection was used Autodesk Revit 2021 and for the hydraulic system dimensioning, Microsoft Excel.

Keywords: Plumbing design, BIM, Revit MEP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Déficit de canalização interna de água em domicílios, segundo Brasil e macrorregiões, e percentual por macrorregião.....	16
Figura 2: Soluções e práticas utilizadas para esgotamento sanitário em percentual da população, segundo Brasil e macrorregiões.....	17
Figura 3: As etapas de elaboração do projeto hidrossanitário	20
Figura 4: Esquemática de uma instalação de uma bomba.....	23
Figura 5: Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de cobre e plástico.....	25
Figura 6: Nonograma de pesos, vazões e diâmetros	29
Figura 7: Indicações para cálculos da área de contribuição.....	38
Figura 8: Estrutura de inter-relação entre os projetistas	40
Figura 9: Exemplo da parametrização do BIM.....	42
Figura 10: As dimensões do BIM	43
Figura 11: Modelo 3D das instalações de água fria no Revit MEP	44
Figura 12: Modelo 3D das instalações de esgoto no Revit MEP.....	45
Figura 13: Arquivo original do projeto arquitetônico.....	47
Figura 14: Separação do nível térreo para fazer a exportação.....	47
Figura 15: Separação do primeiro pavimento para fazer a exportação.....	47
Figura 16: Importação do arquivo do <i>AutoCAD</i>	49
Figura 17: Importação finalizada do arquivo do <i>AutoCAD</i>	49
Figura 18: Importação do vínculo arquitetônico do <i>Revit</i>	50
Figura 19: Casa de bombas e compartimento do reservatório inferior enterrado no modelo 3D.....	52
Figura 20: Perspectiva frontal da residência.....	53
Figura 21: Perspectiva da lateral e do fundo da residência.....	53
Figura 22: Perspectiva do projeto hidrossanitário da residência	54
Figura 23: Esquemática da tubulação de sucção e o reservatório inferior	56
Figura 24: Escolha da bomba.....	57
Figura 25: Banheiro da Suíte 2	57
Figura 26: Exemplo do nome sendo utilizado para vazão dos pontos de consumo.....	58
Figura 27: Exemplo do nome sendo utilizado para pesos dos pontos de consumo	59
Figura 28: Demonstração do uso do Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao.....	61
Figura 29: Trecho da caixa d'água até a coluna de água fria 3.....	62

Figura 30: Escolha do tipo de tubulação.....	68
Figura 31: Escolha da representação do trecho.....	68
Figura 32: Esgoto do banheiro da suíte 2.....	69
Figura 33: Lista suspensa com os aparelhos sanitários.....	69
Figura 34: Detalhe Fossa Séptica.....	71
Figura 35: Divisão do telhado para águas pluviais	73
Figura 36: Modelo 3D com todos os sistemas integrados	75
Figura 37: Relatório de interferências.....	76
Figura 38: Interferência encontrada no forro da cozinha.....	76
Figura 39: Interferência detectada no banheiro	77
Figura 40: Interferência no banheiro corrigida	77
Figura 41: Processo de criação da tabela de quantidades	78
Figura 42: Opções para criação de tabelas de quantidade	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo por tipo de prédio.....	21
Tabela 2: Diâmetros mínimos dos sub-ramais.....	26
Tabela 3: Tabela de pesos relativos e vazões de projeto dos aparelhos sanitários	28
Tabela 4: Unidades Hunter de Contribuição e diâmetros nominais	31
Tabela 5: Unidades Hunter de Contribuição e diâmetros nominais para aparelhos não listados	32
Tabela 6: Dimensionamento dos ramais de esgoto.....	32
Tabela 7: Dimensionamento dos tubos de queda.....	33
Tabela 8: Dimensionamento dos subcoletores e coletores	33
Tabela 9: Dimensionamento dos ramais de ventilação.....	34
Tabela 10: Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante	34
Tabela 11: Período de detenção dos despejos, a partir da contribuição diária	35
Tabela 12: Taxa de acumulação total de lodo, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.....	35
Tabela 13: Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil	36
Tabela 14: Absorção relativa do solo.....	36
Tabela 15: Coeficiente de rugosidade para o tipo de material da calha.....	39
Tabela 16: Vazão máxima comportada por uma calha semicircular com $n = 0,011$ em função da declividade	39
Tabela 17: Legenda para somatório de pesos	58
Tabela 18: Exemplo de dimensionamento com DN 32 mm para barrilete e AF.....	67
Tabela 19: Exemplo de dimensionamento com DN 40 mm para barrilete e AF.....	67
Tabela 20: Aparelhos sanitários e suas respectivas UHC	69

GLOSSÁRIO

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AF	Coluna de água fria
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer aided design</i>
CASAL	Companhia de Saneamento de Alagoas
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
DN	Diâmetro nominal
EJEC	Empresa Júnior de Arquitetura e Engenharia Civil
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
MEP	<i>Mechanical, Electrical, and Plumbing</i>
NBR	Norma Brasileira
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
SEIL - PR	Secretaria de Infraestrutura e Logística do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Comentários gerais	14
1.2	Objetivos.....	15
1.3	Justificativa.....	15
1.4	Apresentação	17
1.5	Delimitação do trabalho.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Projeto de instalações hidrossanitárias	19
2.1.1	Instalações prediais de água fria	21
2.1.2	Instalações prediais de esgoto sanitário	31
2.1.3	Instalações prediais de águas pluviais.....	37
2.2	Building Information Modeling (BIM)	40
2.2.1	Interoperabilidade do BIM.....	41
2.2.2	Dimensões do BIM	41
2.2.3	Níveis de desenvolvimento (LOD)	43
2.3	REVIT MEP	44
3	METODOLOGIA	46
3.1	<i>Softwares</i> utilizados.....	46
3.2	Elaboração do projeto	48
3.2.1	Modelagem o projeto arquitetônico	48
3.2.2	Projeto hidrossanitário	50
3.2.2.1	Instalações prediais de água fria.....	50
3.2.2.2	Instalações prediais de esgoto sanitário	51
3.2.2.3	Instalações prediais de águas pluviais	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1	Projeto arquitetônico.....	52

4.2	Projeto hidrossanitário.....	53
4.2.1	Projeto de instalações prediais de água fria	53
4.2.2	Projeto de instalações prediais de esgoto sanitário	68
4.2.3	Instalações prediais de águas pluviais.....	72
4.3	Clash detection	74
4.4	Quantitativos.....	77
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
	REFERÊNCIAS.....	81
	APÊNDICE I – PROJETO ARQUITETÔNICO.....	86
	APÊNDICE II – PROJETO HIDROSSANITÁRIO - ÁGUA FRIA.....	89
	APÊNDICE III – DIMENSIONAMENTO ÁGUA FRIA.....	92
	APÊNDICE IV – PROJETO HIDROSSANITÁRIO – ESGOTO E PLUVIAL.....	95
	APÊNDICE V – DIMENSIONAMENTO ESGOTO E PLUVIAL	98
	ANEXO I – PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS – EQUIVALÊNCIA EM METROS DE TUBULACAO DE PVC RÍGIDO OU COBRE	104
	ANEXO II - DIMENSIONAMENTO DE COLUNAS E BARRILETES DE VENTILAÇÃO.....	105
	ANEXO III - CHUVAS INTENSAS NO BRASIL (DURAÇÃO - 5MIN).....	106
	ANEXO IV – CALHA COM SAÍDA EM ARESTA VIVA.....	108
	ANEXO V – CALHA COM FUNIL DE SAÍDA	109
	ANEXO VI – CAPACIDADE DE CONDUTORES HORIZONTAIS DE SEÇÃO CIRCULAR (VAZÕES EM L/MIN.).....	110

1 INTRODUÇÃO

1.1 Comentários gerais

Os projetos de Engenharia são elementos imprescindíveis para toda e qualquer obra. Tendo em vista o contexto das residências, esses serviços são responsáveis por dimensionar e conter todas as informações necessárias para que os sistemas (estrutural, hidráulico e elétrico, por exemplo) funcionem de maneira adequada e segura, além de apresentar esquematizações importantes para a execução.

Observando dados de uma pesquisa feita pelo CAU/BR e pelo Instituto Datafolha no ano de 2015, tem-se que, da população economicamente ativa no país e que realizou algum tipo de reforma ou construção, apenas 15% contratou um profissional habilitado para prestar serviço (CAU/BR, 2015).

Os sistemas hidráulicos possuem uma certa complexidade e uma interação muito forte entre todos os seus subsistemas, além do fato de possuir uma grande diversidade de equipamentos, conexões e materiais a serem utilizados. Juntamente a esses fatores, a falha na concepção ou até mesmo a inexistência de um projeto podem causar diversos tipos de manifestações patológicas, tais como: falhas em equipamentos, alterações de pressão, vazão e temperatura do sistema (GNIPPER, 2007).

Além da falta de projeto na hora da construção, outro vilão nos gastos com reparos e retrabalho é a falta de compatibilização entre as plantas, quando existentes. Este último problema é uma atividade que busca gerenciar e unir os desenhos, tentando minimizar ao máximo os conflitos, causando uma maior facilidade na execução, otimizando a utilização do material, tempo e mão de obra, e manutenções futuras na edificação (CALLEGARI, 2007).

Com essa necessidade de uma compatibilização mais eficiente e a melhoria da qualidade dos projetos, a Engenharia vem se reinventando ao longo dos anos. Nos primórdios, utilizavam-se as pranchetas para desenhar, sendo que na década de 80, com o surgimento do *Computer aided design* (CAD), foi possível começar a dar os primeiros traços de forma gráfica e vetorizada, fazendo o uso de elementos 2D e até mesmo em 3D. Por fim, o que há de mais recente no mercado é a tecnologia BIM, que existe há mais de 20 anos, mas ganhou força nos últimos tempos (AMARAL e PINA, 2010; CATELANI, 2016).

Essa evolução vem proporcionando novas maneiras de concepção. O BIM pode ser visto como um processo virtual no qual permite a todo o time de desenvolvedores (engenheiros,

arquitetos, contratantes, etc.) colaborar de forma mais exata e eficiente que o processo tradicional. O fluxo deixa de ser linear e passa a ser colaborativo (CARMONA e IRWIN, 2007).

Fazendo um apanhado geral sobre a utilização dessa tecnologia, temos alguns países que são tomados como referência: Estados Unidos (mais de 70% dos escritórios), Reino Unido (devido à preocupação sustentável e a redução de custo em obras estatais, é obrigatório o BIM), Finlândia e Noruega (obrigatório em todas obras públicas) (SEIL - PR, 2017).

No âmbito nacional, o Governo Federal lançou o Decreto nº 9.377 (que posteriormente foi revogado com algumas atualizações no Decreto nº 9.983, em 22 de agosto de 2019, e atualizado no Decreto nº 10.306, em 2 de abril de 2020), de 17 de maio de 2018, que inclui a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling*, tornando a obrigatoriedade, em certas obras públicas, a partir de janeiro de 2021 a utilização do BIM em projetos da Arquitetura e Engenharia (estrutural, elétrico e hidrossanitário). Essa deliberação vem querendo proporcionar uma inovação no setor, diminuindo o retrabalho e o desperdício de material e mão de obra.

A nova atualização do decreto propõe três fases de implementação, onde a primeira corresponde a utilização do BIM quanto ao desenvolvimento dos projetos de Arquitetura e Engenharia, a partir de 1º de janeiro de 2021, a segunda aborda a utilização da metodologia na execução de projetos e na gestão de obras, sendo esta a partir de 1º de janeiro de 2024. Por fim, a terceira fase identifica a ampla utilização do conceito BIM, trazendo a questão do gerenciamento e a manutenção das edificações após o encerramento da obra e essa etapa será adotada a partir do dia 1º de janeiro de 2028.

1.2 Objetivos

Elaborar um projeto de instalações hidrossanitárias de uma residência unifamiliar, a partir da modelagem de um projeto arquitetônico já existente, com os seus dimensionamentos de cada sistema (água fria, esgoto e pluvial), com seus quantitativos, e utilizando software em plataforma BIM.

1.3 Justificativa

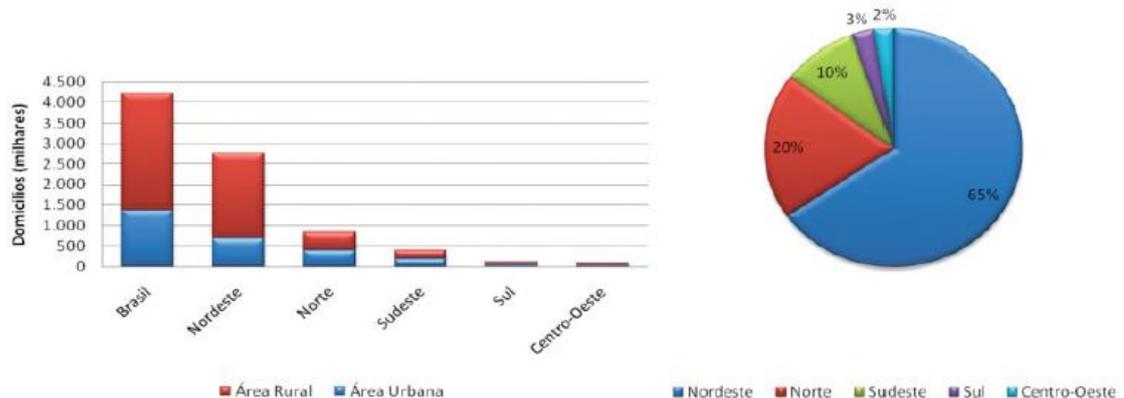
O mercado para Engenharia e, principalmente a Construção Civil, vive em constante atualização, sempre necessitando de melhorias e inovações em seus processos. Isso também pode ser visto no ramo de projetos, sendo o foco desse trabalho o hidrossanitário (que apresenta tanto a parte hidráulica quanto a parte sanitária de uma residência).

A grande competitividade e nível de exigência no qual estamos envolvidos promove um ambiente propício para a utilização da metodologia BIM. O ambiente virtual proporciona integração, maior compatibilidade e flexibilidade entre todos os profissionais que estão inseridos no contexto do projeto. Ou seja, essa sistemática coloca o arquiteto junto com os engenheiros estruturais e de instalações prediais, por exemplo, resultando uma maior confiabilidade e uma futura execução mais econômica, sustentável e segura (COSTA, 2013).

Algo bastante percebido durante as concepções é uma certa dificuldade em conseguir enxergar a tridimensionalidade de alguns elementos arquitetônicos, o que com a utilização de um *software* que possua esse caráter de parametrização facilita o entendimento e a projeção quase se torna um processo real de montagem do sistema hidrossanitário.

Na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD), que foi realizada e divulgada pelo IBGE em 2008, obteve-se os seguintes dados acerca das casas que possuíam instalações hidrossanitárias (Figura 1).

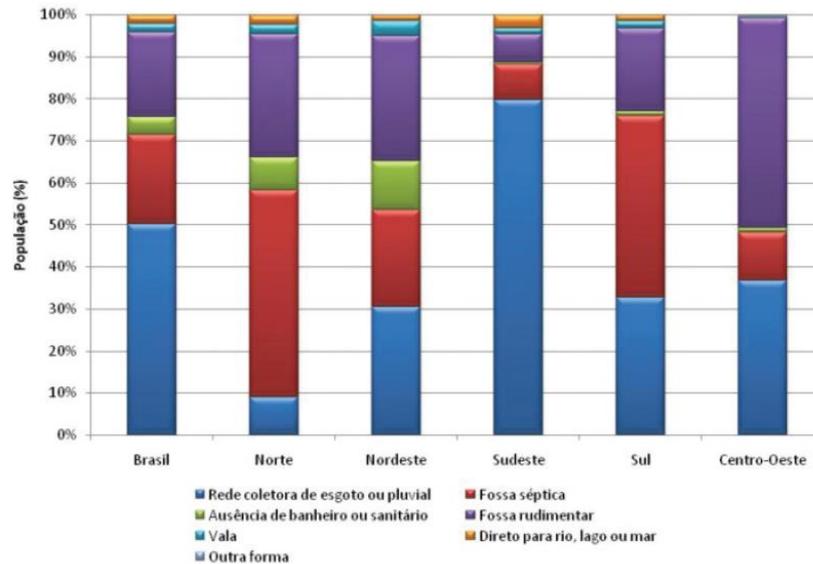
Figura 1: Déficit de canalização interna de água em domicílios, segundo Brasil e macrorregiões, e percentual por macrorregião



Fonte: IBGE (2009) e PNAD (2008).

Isso evidencia que no Brasil, principalmente na região Nordeste, as pessoas não possuem canalização de água em sua residência, muito menos o projeto da mesma, o que leva a acreditar no fato de que a parte sanitária do domicílio também não foi dimensionada ou executada corretamente. A mesma pesquisa também apresentou um estudo sobre as práticas utilizadas para o sistema de esgotamento, que pode ser vista a seguir na Figura 2:

Figura 2: Soluções e práticas utilizadas para esgotamento sanitário em percentual da população, segundo Brasil e macrorregiões



Fonte: IBGE (2009) e PNAD (2008).

Percebe-se que a fossa rudimentar é amplamente utilizada na ausência da rede coletora de esgoto na região Nordeste, que segundo Moraes et al. (2014) nesses números podem existir soluções corretas quanto indevidas para a disposição dos esgotos sanitários, o que acarreta um forte impacto negativo para o meio ambiente e para a saúde das pessoas da região.

1.4 Apresentação

Este trabalho é composto por cinco capítulos. O primeiro, que corresponde a introdução, aborda os aspectos nos quais o trabalho está envolvido, fazendo sua devida contextualização com o mercado da construção civil, BIM e os projetos de instalações hidrossanitárias em si. Além disso, apresenta a justificativa e os objetivos.

O segundo capítulo apresenta o referencial teórico, elaborado a partir de uma revisão bibliográfica sobre o projeto de instalações hidrossanitárias em todas suas vertentes (águas frias, esgoto e águas pluviais), sobre a conceituação do BIM, assim como suas dimensões, interoperabilidade e níveis de desenvolvimento. Também foi abordado sobre o *Revit* MEP e como a partir dele tem a possibilidade de fazer o projeto do sistema hidrossanitário.

O terceiro capítulo consiste nos procedimentos metodológicos, apresentando as normas verificadas para fazer o projeto, os *softwares* utilizados e o roteiro de dimensionamento de cada sistema. Buscou-se abordar todos os componentes necessários para conseguir fazer o desenvolvimento do projeto.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos, como a modelagem da arquitetura e dos componentes hidrossanitários e exemplos numéricos para melhor entendimento do memorial de cálculo. Além disso, foi mostrado detalhes do *clash detection*, que é muito importante para verificar as interferências ocorridas no projeto.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as conclusões do trabalho, juntamente com sugestões para trabalhos futuros.

1.5 Delimitação do trabalho

O presente trabalho tem por finalidade a modelagem de um projeto arquitetônico já existente e a elaboração de um projeto de instalações hidrossanitárias, com seus quantitativos, visando atender a demanda atual e futura de uma residência unifamiliar, fazendo o uso do *Revit MEP*.

O projeto em questão é o de em uma residência localizada no bairro do Antares, que se localiza na cidade de Maceió, Alagoas. O mesmo foi escolhido por se tratar de uma tipologia recorrente no mercado, com base no histórico e experiência da Empresa Júnior de Arquitetura e Engenharia Civil (EJEC), e que foi cedido pela mesma para fins de estudos acadêmicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Projeto de instalações hidrossanitárias

Conforme a NBR 16636-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017), o sistema de instalações hidráulicas e sanitárias compreende os sistemas de água fria, água quente, esgotos sanitários e industriais, captação e escoamento de águas pluviais, gás combustível, prevenção e combate a incêndio e outros sistemas que venham a serem necessários para a condução de sólidos, gases ou líquidos.

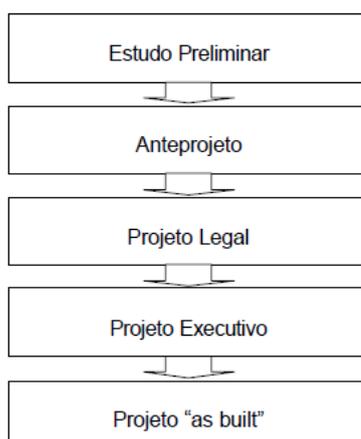
O sistema de água fria é entendido como todo o conjunto de materiais e equipamentos que tem por finalidade abastecer os pontos de utilização e aparelhos da construção, sempre em busca de manter a qualidade e a quantidade do fluido. Esse sistema deve estar completamente desvinculado de qualquer outro que conduza água que seja de reuso ou de qualidade insatisfatória (CARVALHO, 2013).

As instalações de esgotos sanitários têm por principal função coletar e direcionar todos os materiais provenientes do uso dos aparelhos sanitários, podendo ter como destino a rede de esgotos ou sistemas de fossa séptica e sumidouro, por exemplo (CARVALHO, 2013).

Por último, as águas pluviais correspondem aquelas que são provenientes da chuva. A parte do projeto responsável pela captação tem por finalidade facilitar e permitir o melhor escoamento, proteger áreas e evitar alagamentos. É importante ressaltar que essa instalação não pode se interligar com nenhuma outra, sendo proibido o lançamento das mesmas nas redes de esgoto (CARVALHO, 2013).

Um projeto hidrossanitário pode ser dividido em Estudo Preliminar, Anteprojeto, Projeto Legal, Projeto Executivo e Projeto “as built”, como pode ser visto na Figura 3 (ARANTES, 2003).

Figura 3: As etapas de elaboração do projeto hidrossanitário



Fonte: Arantes (2003)

Como primeira etapa a ser mencionada, temos o Estudo Preliminar que é uma fase que vem após o programa de necessidades, onde será possível identificar todas as preferências do cliente e a viabilidade técnica perante aos órgãos competentes. Em seguida tem-se o Anteprojeto, que requer uma maior análise do projeto de arquitetura, desenho dos traçados e diagramas. Esta etapa é fundamental para a realização da pré-compatibilização com os outros sistemas (ARANTES, 2003).

É importante ressaltar que essas duas primeiras fases solicitam da conversa com o cliente, para atender exatamente seus desejos, desde que sejam possíveis de acordo com as normas, da melhor maneira possível. Segundo a atualização da ISO 9001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015) o conceito de qualidade está intimamente ligado com o foco e interesse no cliente o que remete a importância dessas duas partes, que é onde o contato está mais próximo.

O Projeto Legal é utilizado para os órgãos que solicitam, geralmente Prefeituras. Nele pode-se observar o projeto da maneira exigida localmente, memoriais descritivos e de cálculo. O Projeto Executivo tem como intuito possuir tudo o que for necessário para um melhor entendimento na hora da execução, tendo como exemplo o detalhamento gráfico dos elementos que fazem parte do sistema, assim como a descrição dos materiais a serem empregados com sua respectiva lista (ARANTES, 2003).

Por fim, o Projeto *as built* nada mais é do que a representação fiel de como a instalação ficou após a realização da obra, fazendo o levantamento das possíveis modificações em relação ao projeto e seu relatório com essas alterações (ARANTES, 2003).

2.1.1 Instalações prediais de água fria

O consumo diário é obtido a partir da Tabela 1 e o volume do reservatório, segundo a NBR 5626:2020 (ABNT, 2020), que deve corresponder a pelo menos 24h de consumo, excluindo a reserva de incêndio.

Tabela 1: Consumo por tipo de prédio

Prédio	Consumos (litros)	
Alojamentos provisórios	80	per capita
Casas populares ou rurais	120	per capita
Residências	150	per capita
Apartamentos	200	per capita
Hotéis (s/cozinha e s/ lavanderia)	120	por hóspede
Hospitais	250	por leito
Escolas - internatos	150	per capita
Escolas - externatos	50	per capita
Quartéis	150	per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50	per capita
Escritórios	50	per capita
Cinemas e teatros	2	por lugar
Templos	2	por lugar
Restaurantes e similares	25	por refeição
Garagens	50	por automóvel
Lavanderias	30	por kg de roupa seca
Mercados	5	por m ² de área
Matadouros - animais de grande porte	300	por cabeça abatida
Matadouros - animais de pequeno porte	150	por cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70	por operários
Postos de serviço p/automóvel	150	por veículo
Cavalariças	100	por cavalo
Jardins	1,5	por m ²

Fonte: Pereira (2014)

O sequenciamento do desenvolvimento projeto assim como os equacionamentos está compreendido a seguir:

A. Cálculo do consumo diário e volume de armazenamento:

O consumo diário pode ser encontrado pela equação (1):

$$C_d = C * Q_{td} \quad (1)$$

Onde,

C_d é o consumo diário, em L;

C é o consumo, em L, do tipo de edificação;

Qtd é a quantidade, seja número da população, área, lugar, etc.

Já o volume de armazenamento total deve ser calculado para atender a pelo menos 24 horas (1 dia). Então, da equação (2), temos:

$$V_t = x * C_d + R_I \quad (2)$$

Onde,

V_t é o volume total de armazenamento, que caso seja dividido em inferior e superior, o primeiro deve representar 60% do volume e o segundo os 40% restantes;

x é a quantidade de dias, caso queria deixar abastecido por 48h, coloca-se 2 e assim por diante;

C_d é o consumo diário, em L;

R_I é o volume da reserva de incêndio, em L.

B. Traçado do projeto:

Com os reservatórios dimensionados se inicia o traçado do sistema de água fria do modelo, afim de que em etapas futuras, se possa realizar os devidos cálculos de perda de carga e de diâmetros dos sub-ramais, ramais, colunas e barrilete.

C. Cálculo do alimentador predial:

Segundo a NBR 5626:2020 (ABNT, 2020), alimentador predial pode ser definido como o encanamento que faz a conexão entre o sistema de abastecimento, da companhia de saneamento, por exemplo, até o reservatório da edificação.

O seu cálculo do diâmetro da tubulação é dado pela equação (3):

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{v * \pi}} \quad (3)$$

Onde,

Q é a vazão, que é dada por: $\frac{C_d}{1000 * 86400}$, em m^3/s ;

C_d é o consumo diário, em L;

v é a velocidade, que deve estar compreendida entre 0,6 e 1,0 m/s;

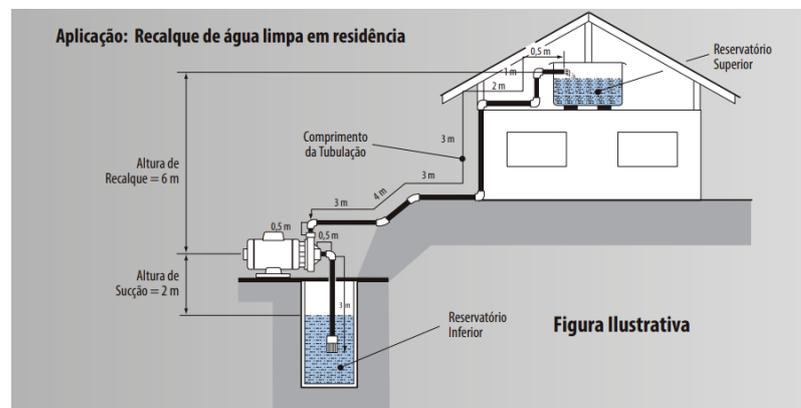
D é o diâmetro interno do conduto, em mm. É importante frisar que a Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) determina que o diâmetro mínimo deve ser de 1", ou 25 mm.

D. Cálculo da bomba:

A bomba é um elemento importante quando se pretende ter 2 reservatórios no sistema, um inferior e outro superior. A função primordial é a de bombear a água do lugar mais baixo para o mais elevado, em casas em que não há pressão suficiente para fazer esse deslocamento sem esse equipamento.

Pode-se ver na Figura 4 um esquema mostrando os principais elementos a serem levados em conta na hora do dimensionamento, que são: Altura estática de sucção e recalque (correspondente a diferença de cotas absolutas entre os níveis d'água dos reservatórios, inferior e superior, respectivamente, até a entrada da tubulação na bomba); Comprimento da tubulação real (distância percorrida pelos condutos de recalque ou sucção); Comprimento da tubulação equivalente (tamanho de tubo correspondente a perda de carga do acessório, que os valores estão no Anexo I).

Figura 4: Esquemática de uma instalação de uma bomba



Fonte: Franklin Eletric (2019)

Inicialmente deve-se achar a vazão da bomba, que corresponde a equação (4):

$$Q_{bomba} = \frac{Cd}{h} \quad (4)$$

Onde,

Q_{bomba} é a vazão da bomba, em L/h;

Cd é o consumo diário, em L;

h é o tempo de funcionamento da bomba, em h.

A equação de Forchheimer serve para calcular o diâmetro de recalque do sistema e está compreendida na equação (5).

$$D_r = 1,3 * \sqrt{Q_{bomba}} * \sqrt[4]{X} \quad (5)$$

Onde,

D_r é o diâmetro nominal de recalque, em m;

Q_{bomb} é a vazão da bomba, em m^3/s ;

X é dado por: $\frac{h}{24}$;

h é o tempo de funcionamento da bomba, em h.

A tubulação de sucção vai corresponder a no mínimo um diâmetro comercial a mais que a de recalque.

Após esses procedimentos iniciais, se parte para o cálculo de altura manométrica de sucção e deve-se seguir a equação (6):

$$H_{ms} = h_s + J_s + h_v \quad (6)$$

Onde,

H_{ms} é a altura manométrica de sucção, em m;

h_s a altura estática de sucção, em m;

J_s a perda de carga na sucção (equação (7)), em m;

h_v é altura representativa da velocidade (equação (8)), em m.

$$J_s = (L_r + L_{eq}) * J \quad (7)$$

Onde,

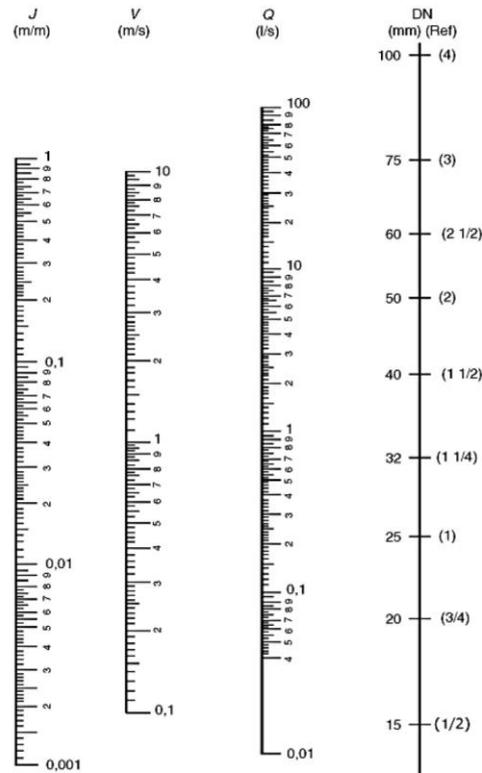
J_s é a perda de carga na sucção, em m;

L_r o comprimento real da tubulação de sucção, em m;

L_{eq} o comprimento equivalente, em m;

J é a perda de carga unitária, em m/m, encontrada a partir do ábaco de Fair-Whipple-Hsiao (Figura 5), com a posse do diâmetro da tubulação e a vazão da bomba (equação (4)).

Figura 5: Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de cobre e plástico



Fórmula de Fair-Whipple-Hsiao ($Q = 55,934 \cdot J^{0,571} \cdot D^{2,714}$)

Fonte: Macintyre (2017)

$$h_v = \frac{v^2}{2 * g} \quad (8)$$

Onde,

h_v é altura representativa da velocidade, em m;

v é a velocidade, em m/s;

g a gravidade, correspondente a 9,81 m/s².

O procedimento do cálculo da altura manométrica da tubulação de recalque (equação (9)) é bastante similar com o de sucção, apenas se difere no que tange à altura representativa da velocidade, que pode ser desconsiderada.

$$H_{mr} = h_r + J_r \quad (9)$$

Onde,

H_{mr} é a altura manométrica de recalque, em m;

h_r a altura estática de recalque, em m;

J_r a perda de carga no recalque, que corresponde a equação (7) com a modificação de J_s para J_r , em m.

Para fechamento dos cálculos sobre altura manométrica, devemos encontrar o valor total correspondente (H_m) (equação (10)).

$$H_m = H_{ms} + H_{mr} \quad (10)$$

Com as informações da altura manométrica total e da vazão da bomba, é o momento de dimensionar a potência da mesma (equação (11)) para futuramente escolher qual a que melhor atende ao sistema. Essa seleção pode ser feita a partir do catálogo de bombas da Schneider (FRANKLIN ELETRIC, 2019).

$$P_{bomb} = \frac{\gamma * Q_{bomb} * H_m}{75 * n} \quad (11)$$

Onde,

P_{bomb} a potência da bomba, em CV;

H_m é a altura manométrica total, em mca;

Q_{bomb} a vazão da bomba, em m³/s;

γ é o peso específico do fluido a ser transportado, no caso da água equivale a 1000 Kgf/m³;

n a eficiência da bomba.

E. Dimensionamento dos sub-ramais:

Segundo a NBR 5626:2020 (ABNT, 2020), os sub-ramais correspondem a tubulação que faz a conexão do ramal com o ponto de consumo. Botelho e Ribeiro Junior (2014) trazem, em seu livro, uma tabela com os diâmetros mínimos a depender das peças de utilização (Tabela 2). Usualmente, para diminuir o gasto, os diâmetros dos sub-ramais costumam ser iguais aos do ramal que o abastecem.

Tabela 2: Diâmetros mínimos dos sub-ramais

PEÇAS DE UTILIZAÇÃO	DIÂMETRO MINÍMO	
	(mm)	(pol.)
Aquecedor de baixa pressão	20	1/2
Aquecedor de baixa pressão	25	3/4
Banheira	20	1/2
Bebedouro	20	1/2
Bidê	20	1/2
Caixa de descarga	20	1/2
Chuveiro	20	1/2
Filtro de pressão	20	1/2

PEÇAS DE UTILIZAÇÃO	DIÂMETRO MINÍMO	
	(mm)	(pol.)
Lavatório	20	1/2
Máquina de lavar pratos ou roupas	25	3/4
Mictório autoaspirante	32	1
Mictório não aspirante	20	1/2
Pia de cozinha	20	1/2
Tanque despejo ou de lavar roupa	25	3/4
Válvula de descarga	40*	1 1/4
*Quando a pressão estática de alimentação for inferior a 30 kPa (3 mca), recomenda-se instalar a válvula de descarga em sub-ramal com diâmetro nominal de 50 mm (1 1/2").		

Fonte: Botelho e Ribeiro Junior (2014)

Além da determinação dos diâmetros, é importante calcular, não só para esta etapa dos sub-ramais, mas também para todas as seguintes, a velocidade com a qual o fluido se desloca pelo conduto. Este valor, segundo a NBR 5626:1998 não deve ser superior a 3 m/s e seu cálculo é dado pela equação (12). É válido destacar que a atualização da NBR 5626 no ano de 2020 diz que essa limitação não deve ser imposta em trechos nos quais não haja a possibilidade de golpe de aríete e que possuam meios que isolem acusticamente ou reduzam a transmissão de barulhos.

$$v = 4 * 10^3 * Q * \pi^{-1} * d^{-2} \quad (12)$$

Onde,

v é a velocidade, em m/s;

Q é a vazão do trecho, em L/s (equação (13));

d o diâmetro interno da tubulação, em mm.

F. Dimensionamento dos ramais:

Segundo a NBR 5626:2020 (ABNT, 2020), ramal é uma tubulação oriunda da coluna de distribuição que tem por finalidade abastecer os sub-ramais e seus pontos de consumo. O método do consumo simultâneo máximo provável utiliza o processo de cálculo a partir dos pesos dos aparelhos (Tabela 3).

Tabela 3: Tabela de pesos relativos e vazões de projeto dos aparelhos sanitários

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso Relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,7	23
Banheira		Misturador (água fria)	0,3	1
Bebedouro		Registro de pressão	0,1	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,1	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,2	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,1	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,3	1
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,5	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	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,1	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,2	0,4

Fonte: ABNT (1998)

A partir do traçado do projeto, faz a somatória dos pesos dos aparelhos presentes no ramal e acha a vazão a partir da equação (13).

$$Q = 0,3 * \sqrt{\sum P} \quad (13)$$

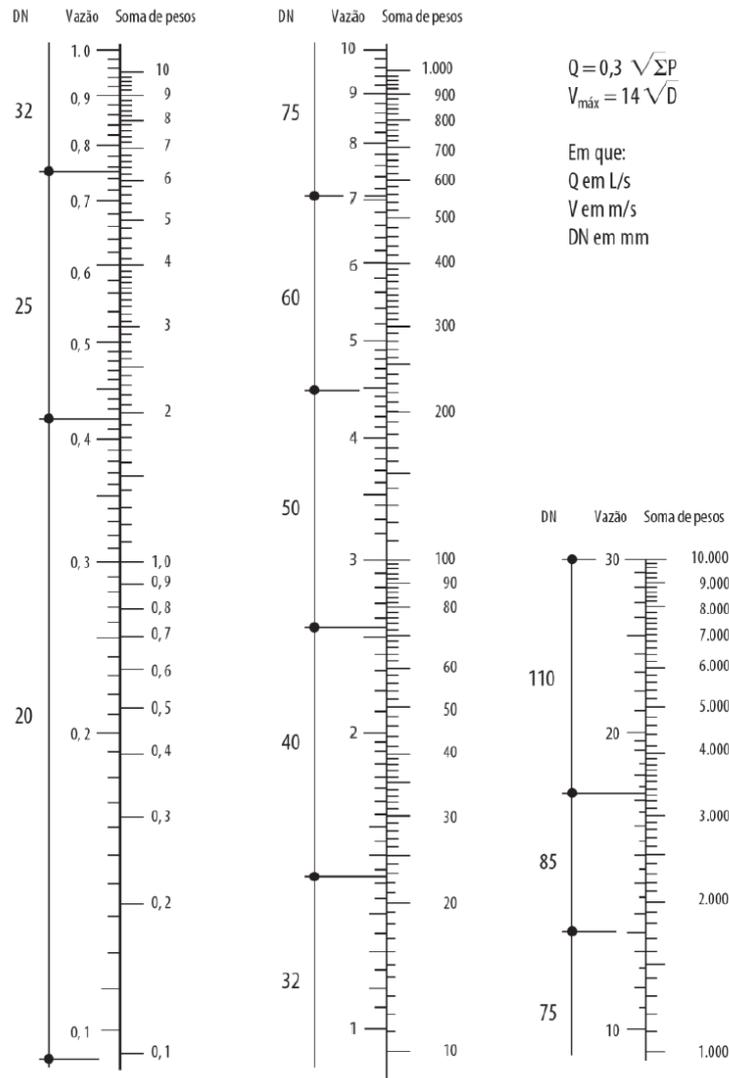
Onde,

Q é a vazão do fluido que está passando no ramal, em L/s;

P é o peso correspondente ao aparelho de utilização, na Tabela 3.

O diâmetro do ramal pode ser encontrado de duas maneiras. A primeira dela é a partir da equação (3), utilizada para achar o diâmetro do alimentador predial, e a segunda é a partir do nonograma de pesos, vazões e diâmetros, encontrado na Figura 6.

Figura 6: Nonograma de pesos, vazões e diâmetros



Fonte: Botelho e Ribeiro Junior (2014)

G. Dimensionamento das colunas de distribuição:

De acordo com a NBR 5626:2020 (ABNT, 2020), coluna de distribuição é compreendida pela tubulação que sai do barrilete e abastece os ramais. O dimensionamento delas é bastante similar aos dimensionamentos dos ramais, sendo também feito pelo método dos pesos e observando as mudanças de vazões, nos casos em que a tubulação alimenta mais de um ramal.

H. Dimensionamento do barrilete:

Nos sistemas de abastecimento indireto, a tubulação que sai do reservatório superior e alimenta as colunas de distribuição recebe o nome de barrilete. Seu dimensionamento é a etapa final e também é feito a partir do método dos pesos. Ele é

calculado a partir da totalidade dos pesos dos aparelhos da edificação e o diâmetro, podendo ser tirado da equação (3) ou a partir do ábaco de Fair-Whipple-Hsiao (Figura 5), fixando a perda de carga em 8% (0,08) (ABNT, 1998).

I. Considerações dos dimensionamentos:

É interessante comentar sobre a perda de carga unitária nas tubulações, que em tubulações lisas, como tubos de plástico, cobre ou liga de cobre, é calculada a partir da equação (14). Esse valor será de extrema importância para calcular a pressão na qual a água chegará ao ponto de utilização.

$$J = 8,69 * 10^6 * Q^{1,75} * d^{-4,75} \quad (14)$$

Onde,

J é a perda de carga linear, em kPa/m;

Q é a vazão no trecho, em L/s;

d é o diâmetro interno da tubulação, em mm.

Com esse valor calculado, para encontrar o valor total da perda de carga no trecho é necessário ter o comprimento real e equivalente da seção, para que, com esses valores, possa somá-los e multiplica-los pela perda de carga linear. Para ilustrar melhor esse processo, temos a equação (15).

$$J_t = J * (L_r + L_{eq}) \quad (15)$$

Onde,

J_t é a perda de carga total, em kPa;

J é a perda de carga linear, em kPa/m;

L_r o comprimento real do trecho, em m;

L_{eq} o comprimento equivalente do trecho, em m;

Outros valores importantes e que devem ser encontrados são da pressão disponível (equação (16)) e da pressão disponível residual (equação (17)).

$$P_{disp} = \Delta H * 10 + P_r \quad (16)$$

$$P_r = P_{disp} - J_t \quad (17)$$

Onde,

P_{disp} é a pressão disponível, em kPa;

ΔH é a diferença de cota entre o trecho analisado, m;

P_r é a pressão disponível residual do trecho anterior, em kPa;

J_t é a perda de carga total no trecho, em kPa.

Sobre as pressões disponíveis residuais também há a necessidade de ficar de olho nos valores máximos, que em condição estática a pressão em qualquer que seja o aparelho não deve ultrapassar 400 kPa, e mínimos (em qualquer ponto do sistema, com exceção dos pontos de utilização, o valor é de 5 kPa). A menor pressão requerida (em aparelhos) é a de 10 kPa, o que vem como atualização em relação a NBR 5626:1998, que tinha como exceções para pressões mínimas os valores de 5kPa e 15 kPa para a caixa de descarga e da válvula de descarga, respectivamente (ABNT, 2020).

2.1.2 Instalações prediais de esgoto sanitário

O processo de dimensionamento é seguindo três normas, a NBR 8160:1999 (ABNT, 1999), a NBR 7229:1993 (ABNT, 1993) para dimensionamento da fossa séptica e a NBR 13969:1997 (ABNT, 1997) para dimensionamento do sumidouro.

Para desenvolvimento do projeto, começa fazendo um traçado da tubulação e posteriormente a seguinte sequência:

A. Dimensionamento ramais de descarga:

Segundo a NBR 8160:1999 (ABNT, 1999), ramal de descarga corresponde a tubulação que recebe os despejos dos aparelhos sanitários. Seus trechos horizontais são executados de forma com que o efluente escoe pela força da gravidade, com declividades mínimas de 2% (para tubulações até 75 milímetros) e de 1% (para diâmetros maiores ou iguais a 100 milímetros).

O método de dimensionamento é a partir das Unidades Hunter de Contribuição (UHC), onde seus valores e diâmetros podem ser conferidos na Tabela 4 e na Tabela 5.

Tabela 4: Unidades Hunter de Contribuição e diâmetros nominais

Aparelho sanitário	UHC	DN mínimo
Bacia sanitária	6	100
Banheira	2	40
Bebedouro	0,5	40
Bidê	1	40
Chuveiro - De residência	2	40
Chuveiro - Coletivo	4	40
Lavatório - De residência	1	40
Lavatório - De uso geral	2	40
Mictório cerâmico - Válvula de descarga	6	75
Mictório cerâmico - Caixa de descarga	5	50
Mictório cerâmico - Descarga automática	2	40

Aparelho sanitário	UHC	DN mínimo
Mictório cerâmico - De calha	2	50
Pia de cozinha residencial	3	50
Pia de cozinha industrial - Preparação	3	50
Pia de cozinha industrial - Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas	3	40
Máquina de lavar louças	2	50
Máquina de lavar roupas	3	50

Fonte: Adaptado de ABNT (1999)

Tabela 5: Unidades Hunter de Contribuição e diâmetros nominais para aparelhos não listados

UHC	DN mínimo
2	40
3	50
5	75
6	100

Fonte: Adaptado de ABNT (1999)

B. Dimensionamento ramais de esgoto:

Ramal de esgoto é a tubulação que recebe os efluentes dos ramais de descarga, seja de forma direta ou a partir de um desconector, que é um dispositivo que possui fecho hídrico, como intuito de que os gases não retornem. O dimensionamento consiste em somar as UHC dos ramais de descarga que o abastecem e verificar os diâmetros nominais em função das quantidades máximas de UHC permitidas, a partir da Tabela 6 (ABNT, 1999).

Tabela 6: Dimensionamento dos ramais de esgoto

DN mínimo	Número máximo de UHC
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte: Adaptado de ABNT (1999)

C. Dimensionamento tubos de queda:

Os tubos de queda são tubulações verticais e eles recebem efluentes dos subcoletores e dos ramais. Eles são dimensionados de forma similar aos ramais de esgoto, somando as UHC recebidas, porém checando a Tabela 7 para determinar os diâmetros mínimos (ABNT, 1999).

Tabela 7: Dimensionamento dos tubos de queda

DN	Número máximo de UHC	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1900
200	2200	3600
250	3800	5600
300	6000	8400

Fonte: Adaptado de ABNT (1999)

D. Dimensionamento dos subcoletores e coletores prediais:

Os subcoletores são tubulações que recebem os despejos de pelo menos um tubo de queda e ramais de esgoto. Já os coletores prediais são condutos do final do sistema, que fazem a conexão com a aparelhagem pública de saneamento ou os dispositivos particulares, que no caso desse trabalho foi o de Fossa Séptica/Sumidouro. A Tabela 8 apresenta os diâmetros nominais mínimos e inclinações a serem escolhidas a partir da quantidade de UHC (ABNT, 1999).

Tabela 8: Dimensionamento dos subcoletores e coletores

DN	Número máximo de UHC em função das declividades mínimas %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
400	7000	8300	10000	12000

Fonte: Adaptado de ABNT (1999)

E. Dimensionamento dos ramais de ventilação:

Os ramais de ventilação, a partir de uma conexão com um desconector ou ramal de descarga ou esgoto, funciona retirando o ar da tubulação e encaminhando para uma coluna de ventilação, fazendo assim com que os gases não retornem para os aparelhos. Na Tabela 9 temos os limites e seus respectivos diâmetros nominais mínimos partir da quantidade de UHC (ABNT, 1999).

Tabela 9: Dimensionamento dos ramais de ventilação

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de UHC	DN	Número de UHC	DN
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

Fonte: Adaptado de ABNT (1999)

F. Dimensionamento das colunas de ventilação:

As colunas recebem as tubulações dos ramais de ventilação, facilitando a saída de ar para além do telhado da edificação. É importante respeitar a distância mínima do telhado de 30 centímetros, para que não haja retorno dos gases. No Anexo II temos o dimensionamento das colunas a partir da quantidade de UHC e do comprimento do duto (ABNT, 1999).

G. Dimensionamento da Fossa Séptica:

O dimensionamento da fossa séptica é dado pela NBR 7229:1993 (ABNT, 1993) e pela equação (18).

$$V = 1000 + N * (C * T + K * L_f) \quad (18)$$

Onde,

V é o volume útil, em L;

N o número de unidades de contribuição;

C é a contribuição de despejos por tipo de prédio (Tabela 10);

T o período de detenção, em dias (Tabela 11);

K a taxa de acumulação do lodo digerido, em dias (Tabela 12);

L_f a contribuição do lodo fresco (Tabela 10)

Tabela 10: Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (L_f) por tipo de prédio e de ocupante

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C)	Lodo Fresco (L_f)
Residência padrão alto	peessoa	160	1
Residência padrão médio	peessoa	130	1
Residência padrão baixo	peessoa	100	1
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	peessoa	100	1
Alojamento provisório	peessoa	80	1
Fábrica em geral	peessoa	70	0,3
Escritório	peessoa	50	0,2
Edifícios públicos ou comerciais	peessoa	50	0,2

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C)	Lodo Fresco (Lf)
Escolas (externatos) e locais de longa permanência	peessoa	50	0,2
Bares	peessoa	6	0,1
Restaurantes e similares	refeição	25	0,1
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
Sanitários públicos (apenas de acesso aberto ao público - estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.)	bacia sanitária	480	4

Fonte: Adaptado de ABNT (1993)

Tabela 11: Período de detenção dos despejos, a partir da contribuição diária

Contribuição diária (L)	Tempo de Detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: ABNT (1993)

Tabela 12: Taxa de acumulação total de lodo, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: ABNT (1993)

Segundo a NBR 7229:1993 (ABNT, 1993), a relação comprimento/largura deve ser no mínimo de 2:1 e no máximo de 4:1 e a largura interna não deve ser inferior a 0,80 metros. A Tabela 13 apresenta as profundidades útil mínimas e máximas a partir do volume útil dimensionado pela equação (18).

Tabela 13: Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil

Volume útil (m ³)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: ABNT (1993)

H. Dimensionamento do Sumidouro:

Esse dispositivo final do sistema tem como norma regente a NBR 13969:1997 (ABNT, 1997), e seu dimensionamento é dado pela equação (19).

$$S = \frac{N * C}{C_{inf}} \quad (19)$$

Onde,

S é a área de absorção, em m²;

N o número de unidades de contribuição;

C é a contribuição de despejos (Tabela 10);

C_{inf} a capacidade de infiltração do solo (Tabela 14).

Tabela 14: Absorção relativa do solo

Faixa	Constituição aprovável dos solos	Coefficiente de infiltração L/m ² x dia
1	Rochas, argilas compactas de cor branca cinza ou preta variando a rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada	Menor que 20
2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a argilas, pouco siltosas e/ou arenosas	20 a 40
3	Argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom	40 a 60
4	Areia ou silte argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areias e siltes	60 a 90
5	Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalhos	Maior que 90

Fonte: BRASIL (2015)

Com esse valor da área de absorção, acha-se a altura útil a partir da equação (20). Deve-se estimar o valor do diâmetro, no caso deste trabalho, por se tratar de uma residência unifamiliar e não de obras mais robustas com as quais os volumes fossem

maiores, tentou não ultrapassar o diâmetro no valor de 1,20 metros, com o intuito de fazer escavações mais seguras.

$$h = \frac{4 * S - \pi * D^2}{4 * \pi * D} \quad (20)$$

Onde,

h é a altura útil, em m;

S é a área de absorção, em m²;

D o diâmetro interno, em m;

Para encontrar a altura total do sumidouro basta observar o modelo no *Revit*, identificando a profundidade com a qual o coletor predial chega nesse elemento e somando com a altura útil.

2.1.3 Instalações prediais de águas pluviais

A norma que rege esse assunto é a NBR 10844:1989 e seu procedimento é dado pelas seguintes etapas e se inicia fazendo o traçado do sistema para ter uma ideia inicial do caminho a ser percorrido (ABNT, 1989).

A. Vazão de contribuição:

O primeiro passo para dimensionar os elementos de captação desses fluidos é encontrar as áreas de contribuição, fazendo os cálculos pela Figura 7. Após isso encontra-se o valor correspondente à intensidade pluviométrica da cidade de Maceió (Anexo III), com T = 25, por corresponder a área de cobertura. A vazão de projeto é dada pela equação (21).

$$Q = \frac{A * I}{60} \quad (21)$$

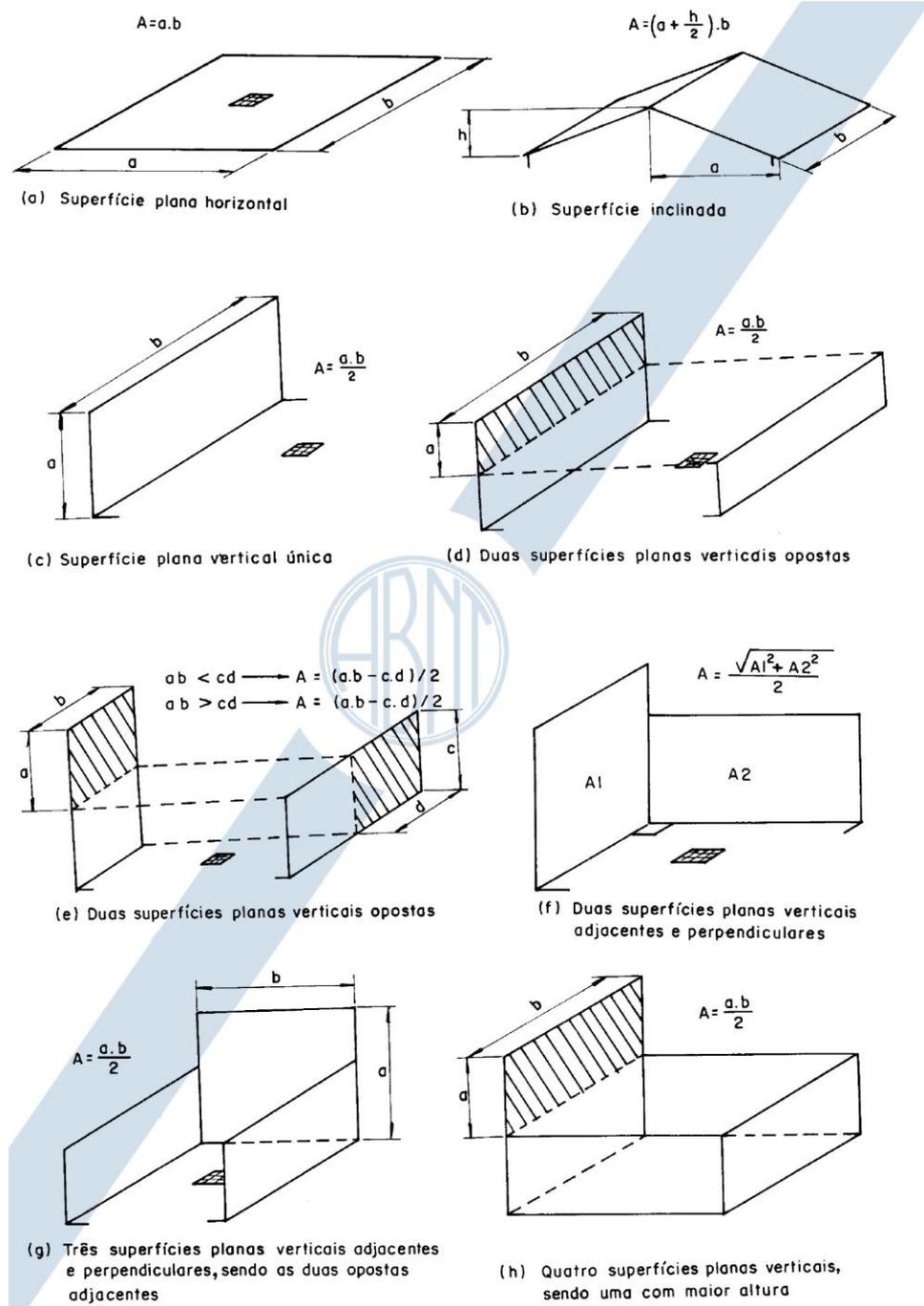
Onde,

Q é vazão de projeto, em L/min;

A é a área de contribuição, em m²;

I a intensidade pluviométrica, em mm/h.

Figura 7: Indicações para cálculos da área de contribuição



Fonte: ABNT (1989)

B. Dimensionamento das calhas:

Com a vazão, observa-se no projeto as contribuições que elas fazem para as calhas, que, por sua vez, são calculadas através da fórmula de Manning-Strickler, representada na equação (22).

$$Q = K * \frac{S}{n} * R_H^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

Onde,

Q é vazão de projeto, em L/min;

S é a área da seção molhada, em m^2 ;

n o coeficiente de rugosidade (Tabela 15);

R_H o raio hidráulico, em m;

i é a declividade da calha, em m/m;

K corresponde a 60000.

Tabela 15: Coeficiente de rugosidade para o tipo de material da calha

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 (1989)

A Tabela 16 indica as capacidades das calhas semicirculares que possuem $n = 0,011$, fazendo o cálculo com a lâmina d'água correspondendo a metade do diâmetro interno.

Tabela 16: Vazão máxima comportada por uma calha semicircular com $n = 0,011$ em função da declividade

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT (1989)

C. Dimensionamento do condutor vertical:

Após dimensionar a calha, segue-se para o dimensionamento do condutor vertical. O valor correspondente surge a partir de ábacos, que podem ser conferidos no Anexo IV e Anexo V. Para utilizar esse ábaco a norma NBR 10844:1989 (ABNT, 1989) indicada que deve traçar uma linha vertical partindo do valor encontrado da vazão de projeto até interceptar as curvas H e L. Feito isso, pega o valor mais alto e traça uma linha horizontal até o eixo D, encontrando assim o diâmetro, que deve ser escolhido um valor igual ou superior ao encontrado.

D. Dimensionamento do condutor horizontal:

Esses condutores devem, sempre que possível estarem em declividade uniforme de pelo menos 0,5% de inclinação. O dimensionamento é feito a partir da tabela no Anexo VI, onde se tem valores para diferentes coeficientes de rugosidade, diâmetros nominais e a vazão que consegue transportar.

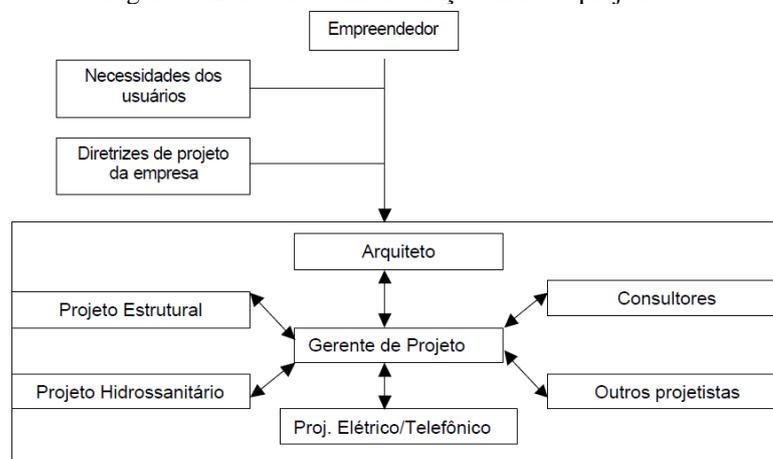
2.2 Building Information Modeling (BIM)

A Modelagem da Informação da Construção, que corresponde a tradução do BIM para o português, é um método preciso de simular uma edificação de maneira virtual. Quando a implementação é feita de maneira correta pelos escritórios de Arquitetura e/ou Engenharia, ela proporciona uma facilitação no processo de concepção e a execução da obra fica com maior qualidade e tem-se a redução do valor total e do prazo de conclusão (EASTMAN et al., 2014).

Segundo Matos (2016) os projetos, com o auxílio da tecnologia BIM, tiveram uma melhor qualidade relatada, o que chegou a ser comprovado por diversas pesquisas. Esse fato chega a ser tão relevante que vários países estão adotando a metodologia e tornando-a obrigatória, em detrimento das vantagens observadas.

Uma dessas vantagens é a possibilidade de integração entre os diversos projetos e a forma de compatibilização entre todos os sistemas. Arantes (2003) retrata a elaboração de projetos como uma forma integrada e simultânea, dispensando o tratamento de maneira sequencial (Figura 8).

Figura 8: Estrutura de inter-relação entre os projetistas



Fonte: Arantes (2003)

2.2.1 Interoperabilidade do BIM

Tendo em vista que existem muitos sistemas e variados projetistas trabalhando para a elaboração do empreendimento, se faz necessário ter uma comunicação entre os diferentes *softwares*, fazendo com que todos possam contribuir mais facilmente com o desenvolvimento e facilitando bastante o fluxo de dados. Isso é o que se chama de interoperabilidade (EASTMAN et al., 2014).

Um exemplo de extensão de arquivo utilizado é o *Industry Foundation Classes* (IFC), que é reconhecido internacionalmente, uma vez que sua utilização se faz muito interessante quando se deseja um fluxo de trabalho aberto e, conseqüentemente, pode ser aberta por diversos aplicativos, o que impede o monopólio de plataformas, visto que é possível utilizar a integração de *softwares* de diversas companhias (EASTMAN et al., 2014).

Com essa interoperabilidade vem o conceito de modelo federado, que pode ser entendido como o conjunto de todas as disciplinas, a união de todos os modelos e componentes de um empreendimento. Isso só se faz possível a partir de arquivos compatíveis e que os diversos programas utilizados possam fazer uma boa comunicação (ABDI, 2017).

Além do modelo federado, também existe o modelo integrado, no qual todos os sistemas são desenvolvidos em um único arquivo, o que, para um grande empreendimento, necessitará de computadores mais robustos para se conseguir trabalhar. A intercambialidade também é um contexto importante e ela se dá a partir da conversa entre *softwares* a partir de *plugins* (ABDI, 2017).

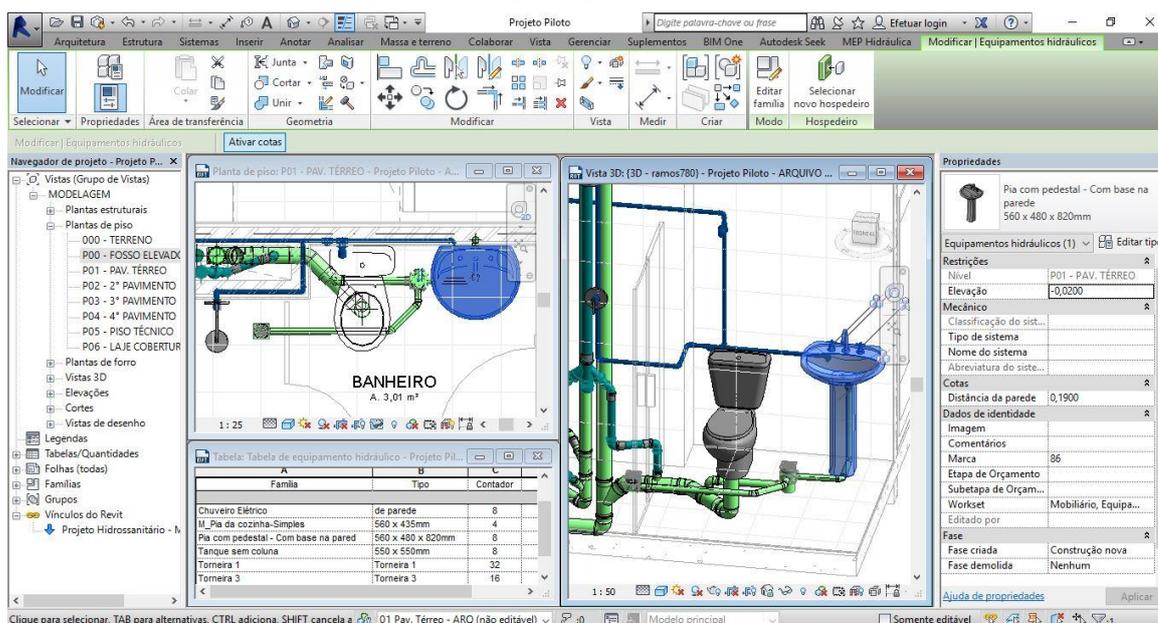
2.2.2 Dimensões do BIM

Segundo Campestrini et al. (2015), quanto maior for o número existente de dimensões, maior será a quantidade de detalhes e informações que esse produto vai fornecer, deixando o processo de tomada de decisões mais elaborado e acertado.

O 2D corresponde ao desenho no plano de forma gráfica, representando apenas largura e comprimento. No 3D temos o acréscimo de um componente, que é a espessura. Além disso temos a possibilidade de representação espacial do modelo, deixando também o projeto mais transparente e mais fácil de ter colaboração múltipla (UNITED BIM, 2019).

A parametrização dos componentes, como pode ser observada na Figura 9, é feita a partir de referências volumétricas (BIM 3D), de materiais e distâncias, podendo mostrar exatamente onde o elemento vai se encontrar e fazendo possível identificar conflitos existentes entre todos os sistemas dimensionados.

Figura 9: Exemplo da parametrização do BIM



Fonte: Sienge Plataforma (2019)

A quarta dimensão (4D) está diretamente ligada ao tempo, na forma de gerenciamento e planejamento da construção. Nela, pode-se acompanhar todo o progresso da obra. Partindo para o 5D, as palavras-chave são custo e orçamento, basicamente pelo fato que se faz possível gerar relatórios financeiros de cada etapa do projeto, a partir de uma extração de quantitativos do modelo (UNITED BIM, 2019).

O BIM 6D corresponde a sustentabilidade, principalmente no que diz respeito a eficiência energética, mostrando seus consumos e uso de recursos naturais. A gestão das instalações surge no 7D, visando prever validade e garantia dos materiais, para que se consiga antever possíveis manutenções. O uso dessa dimensão garante que tudo do projeto corresponda as expectativas e esteja com sua funcionalidade máxima do primeiro dia da implementação até o dia no qual a estrutura será demolida (UNITED BIM, 2019).

A depender do contexto do projeto podem ser inseridas outras dimensões, como o BIM 8D, que trata da segurança no trabalho, assim como a prevenção de possíveis acidentes que venham a acontecer (DARÓS, 2019a). O 9D, que visa a famosa *lean construction* (construção enxuta), que resumidamente corresponde a eliminação dos materiais desperdiçados e otimização dos prazos (DARÓS, 2019b).

Por fim, temos o 10D, que é o ponto de chegada de um produto, a construção industrializada, onde busca uma obra mais produtiva, conseguindo inserir novas tecnologias (DARÓS, 2019c). Um esquema fazendo um resumo de todas as dimensões do BIM pode ser

visualizado na Figura 10. É importante destacar que a partir do BIM 8D alguns autores divergem das suas funcionalidades.

Figura 10: As dimensões do BIM



Fonte: Autor (2020)

2.2.3 Níveis de desenvolvimento (LOD)

O uso do BIM possui diversas vantagens quando se eleva o número de detalhamento do modelo. A partir disso, o *American Institute of Architects* (AIA) criou o conceito de LOD em seu documento *E202-2008 Building Information Modeling Protocol*, que serve para estipular níveis de detalhes, clareza e quantidade de informações presentes no projeto que servirão de auxílio para as etapas de orçamentação, planejamento e da execução da edificação, percorrendo as dimensões do BIM (AIA, 2008).

Foram determinados cinco níveis de desenvolvimento, que vão do 100 a 500, e cada nível subsequente possui os atributos do(s) anterior(es) somado com o seu. O primeiro deles, o LOD 100, compreende uma massa volumétrica que possui apenas informações preliminares, como: área, altura, volume, localização espacial e a orientação. Já o LOD 200, além de conter os dados do anterior, reproduz um modelo genérico de maneira aproximada. É importante destacar que informações não gráficas também podem estar anexadas (AIA, 2008).

Tendo como um referencial que os dois primeiros se equiparam a informações preliminares e anteprojeto, respectivamente, o LOD 300 surge após a aprovação da fase anterior e vem como uma forma de representar algo preciso e coordenado, com detalhes executivos que auxiliam principalmente na orçamentação. A etapa de compatibilização começa a aparecer nesse estágio (AIA, 2008).

O LOD 400 insere dados pertinentes a fabricação e montagem dos equipamentos, já visando a execução e sendo fundamental para a etapa de planejamento do empreendimento. O último LOD, o 500, corresponde à edificação construída, no qual mostra detalhes precisos, se assemelhando com uma espécie de *as built* e está altamente relacionado com a parte de manutenção (AIA, 2008).

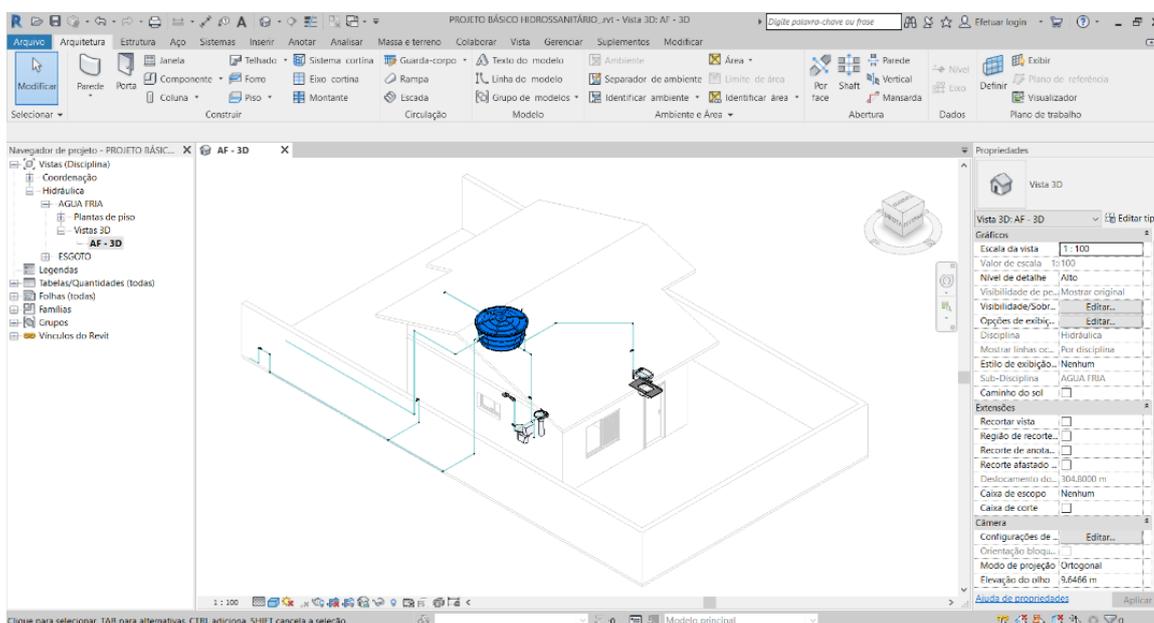
2.3 REVIT MEP

Segundo a Autodesk (2020), o *Revit* é um *software* de modelagem que consegue incluir ferramentas para projetos de Arquitetura, Engenharia Civil e Mecânica. Os arquivos compartilhados servem para que todos os colaboradores do projeto possam editar e salvar no mesmo arquivo.

A sigla MEP é uma abreviação para *Mechanical, Electrical, and Plumbing*, que em português corresponde aos sistemas Mecânicos, Elétricos e Hidráulicos. Utilizando a plataforma BIM ofertada pela empresa, tem-se a possibilidade de fazer a integração entre os projetos, uma análise para realizar simulações com a detecção de interferências e documentar sistemas construtivos com ênfase na construção geral (AUTODESK, 2020).

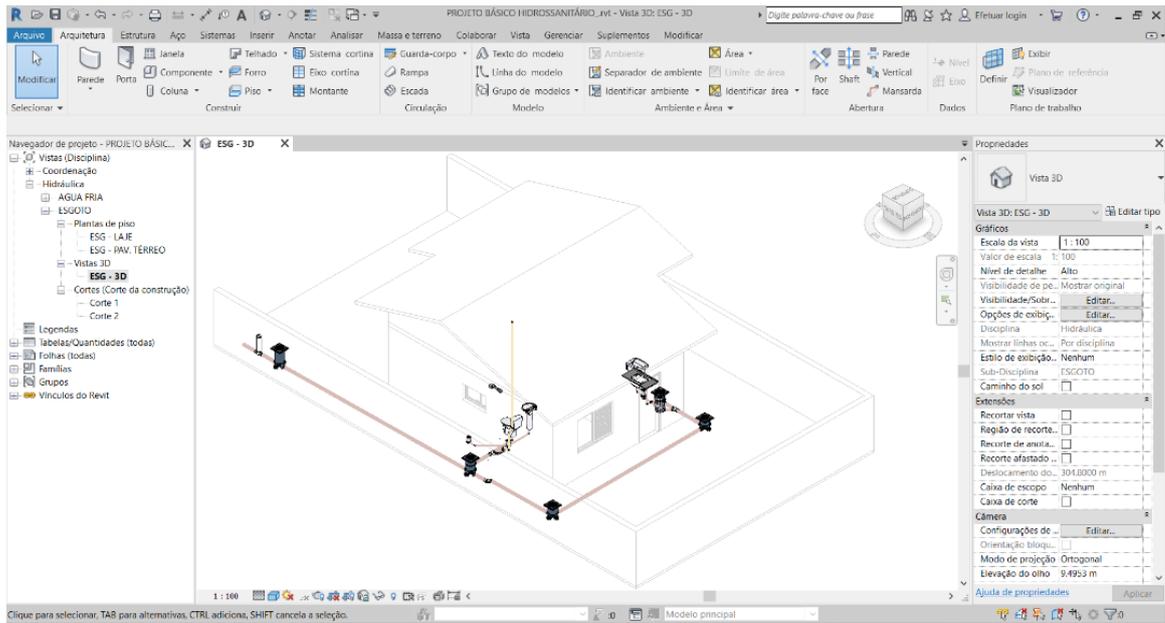
Trazendo para o lado do projeto hidrossanitário, temos os exemplos da esquematização 3D do projeto de águas frias (Figura 11) e de esgoto (Figura 12).

Figura 11: Modelo 3D das instalações de água fria no Revit MEP



Fonte: Cursos Construir (2019)

Figura 12: Modelo 3D das instalações de esgoto no Revit MEP



Fonte: Cursos Construir (2019)

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão expostos os procedimentos para se elaborar um projeto hidrossanitário, com seus respectivos dimensionamentos e quantitativo de materiais, assim como as literaturas usadas para revisão bibliográfica e as ferramentas computacionais.

Devido à importância de estudar e ganhar conhecimento nos procedimentos corretos para dimensionar o sistema, foram realizados estudos em livros, trabalhos acadêmicos e nas NBR's referentes às instalações hidrossanitárias, assim como a pesquisa sobre práticas de utilização de *softwares* que utilizam a metodologia BIM. As normas consultadas foram:

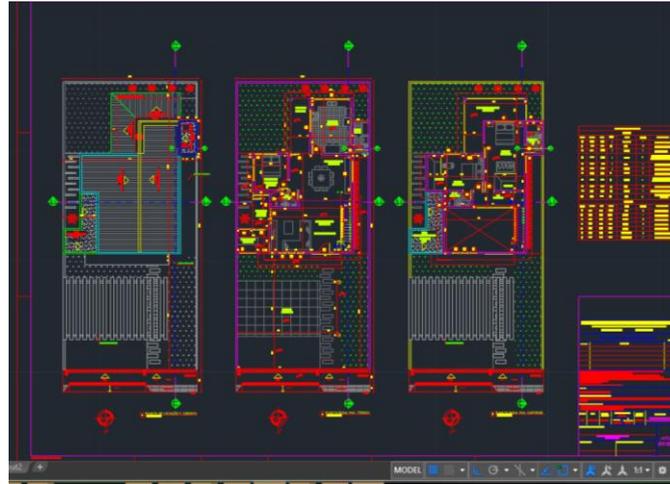
- NBR 5626:2020 - Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente – Projeto, execução, operação e manutenção;
- NBR 5626:1998 - Instalação predial de água fria;
- NBR 8160:1999 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução;
- NBR 7229:1993 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos;
- NBR 13969:1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação;
- NBR 10844:1989 - Instalações prediais de águas pluviais.

É interessante destacar que apesar da atualização da NBR 5626, a versão antiga ainda foi consultada para verificação de roteiros de cálculo e para verificação das tabelas que foram suprimidas da versão mais recente.

3.1 *Softwares* utilizados

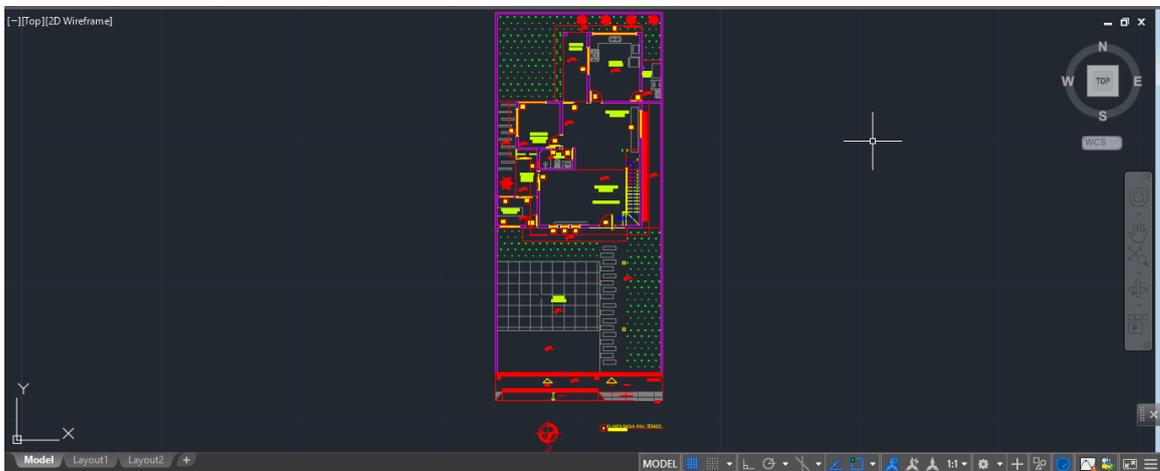
O *Autodesk AutoCAD* 2016 foi utilizado para, a partir do projeto arquitetônico já existente (Figura 13), gerar arquivos separados dos diferentes níveis do projeto (Figura 14 e Figura 15). Isso é possível a partir da cópia para um outro ficheiro e fazendo a exclusão de elementos que não sejam relevantes e possam atrapalhar a visão para quando transferir para o outro programa.

Figura 13: Arquivo original do projeto arquitetônico



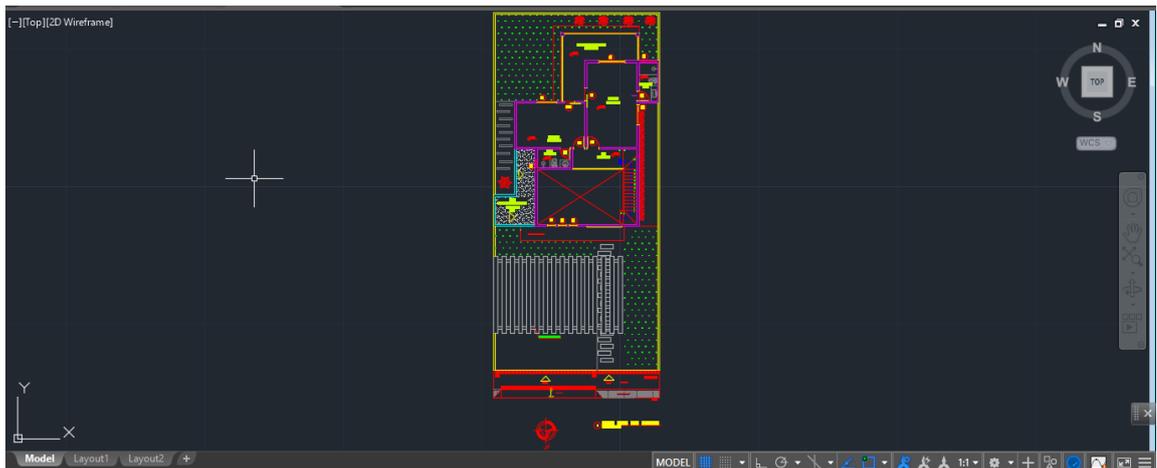
Fonte: Autor (2020)

Figura 14: Separação do nível térreo para fazer a exportação



Fonte: Autor (2020)

Figura 15: Separação do primeiro pavimento para fazer a exportação



Fonte: Autor (2020)

A interação com o outro aplicativo será discutida nos tópicos seguintes, com a exposição de como é o processo de exportar/importar.

Também foi utilizado o *Autodesk Revit 2021*, que utiliza a metodologia BIM integrada em suas funcionalidades, ou seja, serviu para fazer a modelagem dos projetos arquitetônico e hidrossanitário e suas integrações, assim como a compatibilização entre os sistemas, sendo importante para mostrar possíveis incompatibilidades e conflitos de elementos entre os modelos (a partir do *clash detection*).

Além disso, foi fundamental para a extração de quantitativos do projeto hidrossanitário, o que facilita bastante na parte orçamentária. Fazendo um paralelo entre as dimensões do BIM, foram utilizadas a 3D (a modelagem em si, com todas suas implicações) e um pouco da 5D (extração de quantidade com dimensões corretas para orçamentação futura).

O *Microsoft Excel* serviu para compor as planilhas eletrônicas, que foram essenciais para desenvolvimento das rotinas de cálculo para o sistema hidrossanitário como um todo. O tópico seguinte abordará detalhes constituintes referentes aos dimensionamentos de cada etapa, com suas respectivas formulações e sequências.

3.2 Elaboração do projeto

O projeto foi dividido em 2 etapas, sendo umas delas subdivida em outras 3. São elas:

- Modelagem do projeto arquitetônico;
- Dimensionamento e modelagem do projeto de instalações hidrossanitárias.
 - Água fria;
 - Esgoto;
 - Águas pluviais.

3.2.1 Modelagem o projeto arquitetônico

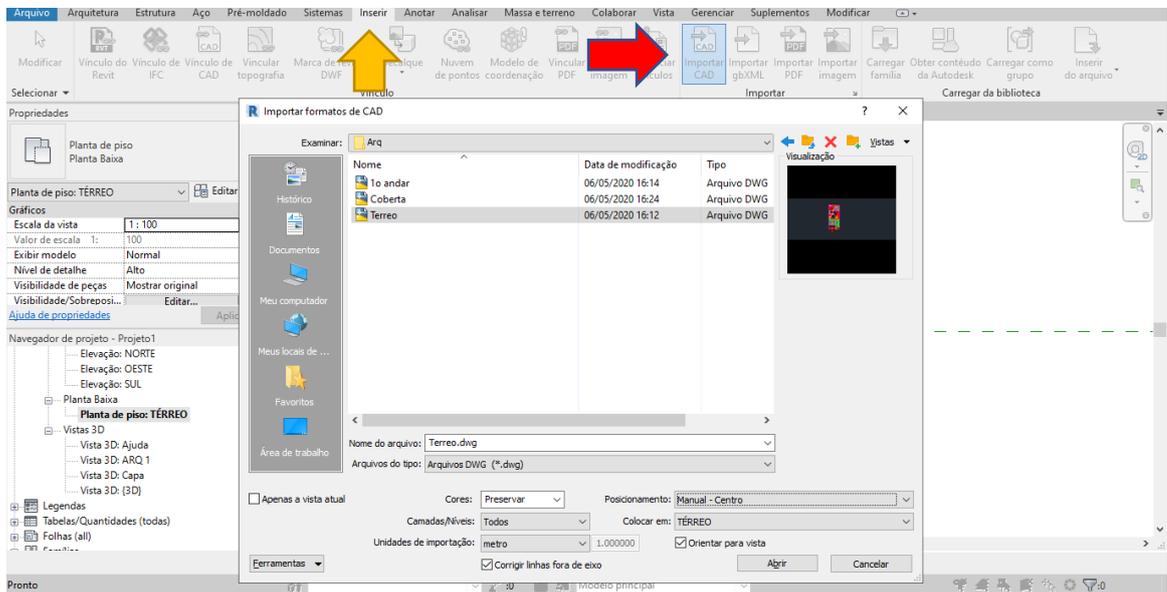
Assim como explicado no item 3.1, com os arquivos separados para cada nível, foi possível fazer a importação para o *Revit* (Figura 16), a partir da aba Inserir (em amarelo) e depois Importar CAD (em vermelho). Posteriormente selecionando o arquivo correspondente ao andar desejado e configurando as unidades de medida e posicionamentos. A importação pode ser vista finalizada na Figura 17.

É importante lembrar e alertar que ao inserir múltiplos arquivos é interessante fixar o elemento para que as plantas de referência não sejam movidas, alterando seu posicionamento e possibilitando erros de alinhamento em camadas superiores. Outro ponto a se ressaltar foi a

alteração do item Faixa da vista (na guia propriedades) para que se fosse possível enxergar o arquivo do *AutoCAD* dos andares mais abaixo e fazer o devido alinhamento.

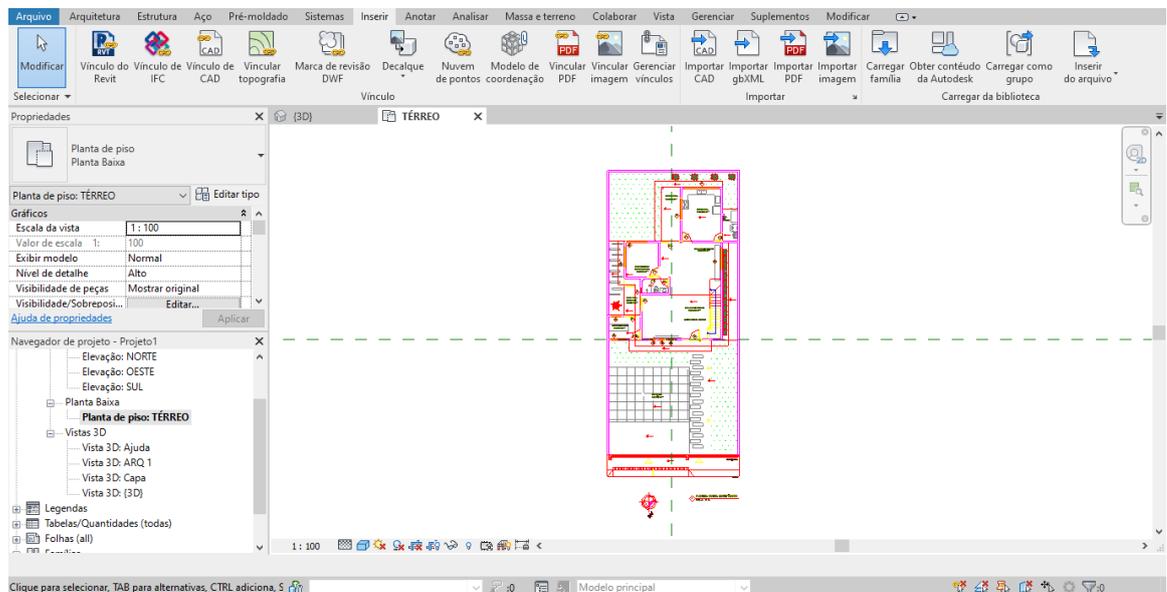
Fazendo uma correlação com o LOD, pode-se destacar que o projeto arquitetônico está em nível de projeto legal, o que o caracteriza como LOD 300.

Figura 16: Importação do arquivo do *AutoCAD*



Fonte: Autor (2020)

Figura 17: Importação finalizada do arquivo do *AutoCAD*



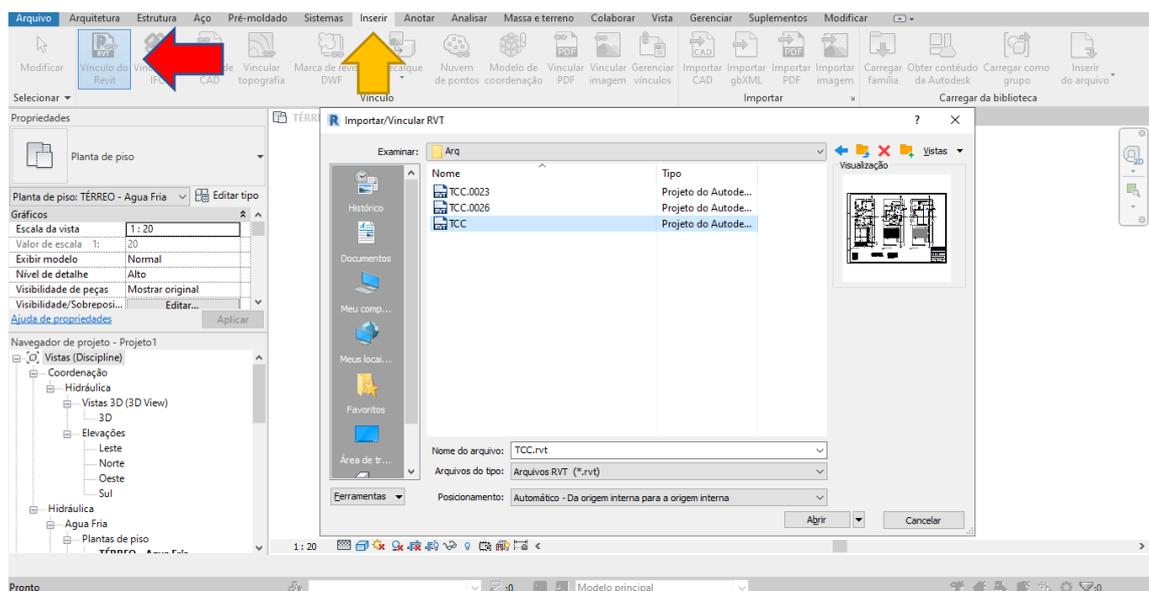
Fonte: Autor (2020)

A partir de todas as plantas de referência colocadas no *Revit* é dado o seguimento da modelagem completa da edificação, atentando-se a todos os detalhes presentes no projeto inicial para que seja representado fielmente e se consiga fazer vínculos com as demais disciplinas.

3.2.2 Projeto hidrossanitário

Um dos passos iniciais, quando se trata de modelagem, é fazer a vinculação do modelo arquitetônico com o hidrossanitário (Figura 18). Isso é dado a partir da aba Inserir (em amarelo) e depois Vínculo do *Revit* (em vermelho), seguindo da escolha do arquivo do modelo arquitetônico.

Figura 18: Importação do vínculo arquitetônico do *Revit*



Fonte: Autor (2020)

Para este trabalho se optou por fazer um arquivo para o de instalações prediais de água fria e outro contendo o sistema de esgoto e águas pluviais, com o intuito de não gerar arquivos grandes.

A residência deste trabalho possui três quartos, sendo um para hóspede e os outros dois suítes, três banheiros (contando com os da suíte), uma cozinha, uma área de serviço, um escritório e três varandas. Ela se localiza na parte alta da cidade de Maceió.

3.2.2.1 Instalações prediais de água fria

A partir de dados coletados dos interesses do cliente do projeto arquitetônico, foi escolhido o sistema indireto com bombeamento, com reservatório inferior enterrado. O fluxo de projeto é dado a partir da sequência que está detalhada na página 21, no capítulo anterior.

Por se tratar de uma edificação unifamiliar, não se faz necessário o dimensionamento de uma reserva de incêndio. Os cálculos foram feitos com o auxílio de planilhas eletrônicas, que serão apresentadas nos resultados, no próximo capítulo. O encerramento do projeto se dá a partir de detalhamentos e da plotagem, que correspondem a explicitação, nas plantas já desenhadas, dos diâmetros das tubulações, isométricos, fluxos, indicativos de conexões/registros e pontos de utilização, legendas necessárias e levantamento de quantitativos, onde sua extração estará detalhada nos resultados.

3.2.2.2 Instalações prediais de esgoto sanitário

A modelagem desse sistema foi feita em um arquivo separado do de instalações de águas frias, com o intuito de não gerar arquivos pesados. Os passos de importação do vínculo com o projeto arquitetônico são os mesmos do item anterior e o roteiro de projeto foi seguindo o que está contido na página 31. Os dimensionamentos foram feitos com ajuda de planilhas eletrônicas, que estão nos resultados.

O bairro do referido projeto não possui sistema de coleta de esgoto, foi feito o sistema fossa séptica – sumidouro. Por não ter havido a possibilidade de executar um ensaio de percolação do solo, a escolha do mesmo se deu a partir de conhecimentos gerais sobre o tipo de solo da região, em observância com os valores de coeficiente de infiltração da Tabela 14.

3.2.2.3 Instalações prediais de águas pluviais

Foi aproveitado o mesmo arquivo da modelagem do sistema de instalações prediais de esgoto sanitário para fazer a modelagem das instalações prediais de águas pluviais. Da mesma forma dos sistemas anteriores, também foi utilizado o *Microsoft Excel* para os cálculos.

Todo o processo de elaboração do projeto se seguiu o procedimento prescrito na página 37 e se encerrou após o termino do traçado e dimensionamento dos projetos de esgoto e águas pluviais, fazendo o detalhamento e colocando nas pranchas, traçando cortes na fossa séptica e sumidouro, para se obter um melhor entendimento, além de diâmetros de tubulações, fluxos e legendas necessárias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

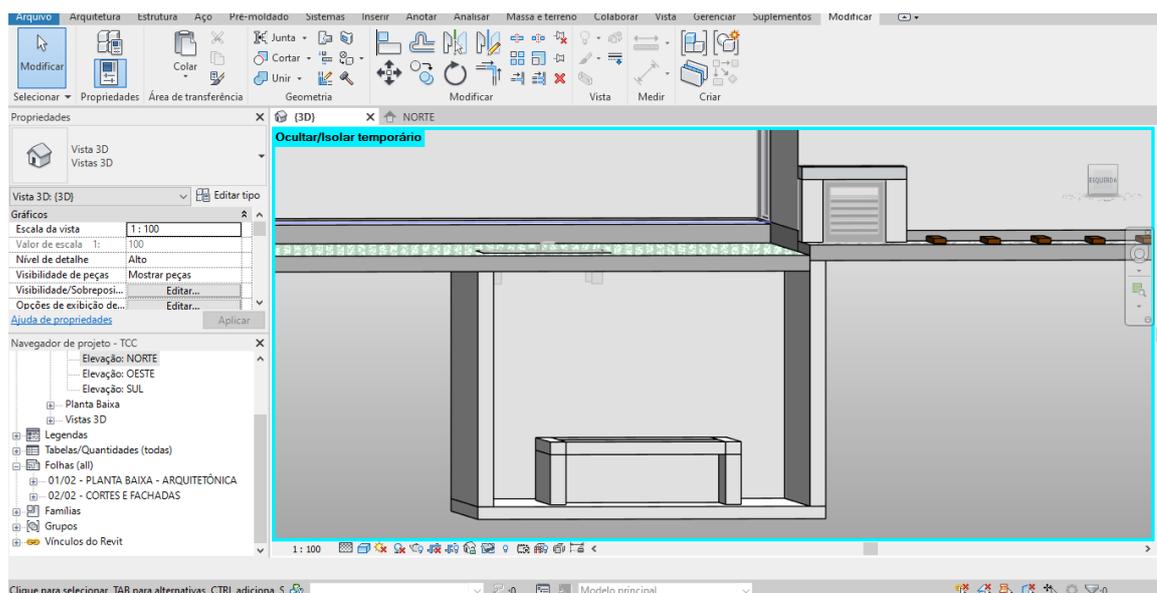
Este capítulo apresenta a modelagem do projeto arquitetônico, os memoriais de cálculo e a modelagem do projeto de instalações hidrossanitárias, detalhes da elaboração de planilha de dimensionamentos e a extração de quantitativos, além de mostrar os resultados encontrados.

4.1 Projeto arquitetônico

A modelagem se deu a partir de um projeto arquitetônico já existente, descrito e seguindo os moldes presentes na metodologia. O terreno tem uma área equivalente a 312,00 m², uma área construída de 199,26 m² e as pranchas referentes a esse projeto podem ser encontradas no Apêndice I.

É importante comentar que houveram algumas alterações do arquivo original, em razão da compatibilização com o projeto de instalações hidrossanitárias. Essas mudanças corresponderam a criação de uma casa de bombas (Figura 19), o compartimento do reservatório inferior enterrado (Figura 19) e colocação de shafts nos banheiros para poder esconder as tubulações de esgoto.

Figura 19: Casa de bombas e compartimento do reservatório inferior enterrado no modelo 3D



Fonte: Autor (2020)

Esse espaço destinado para a cisterna, foi feito respeitando as dimensões mínimas da NBR 5626:1998 (ABNT, 1998). A norma indica que o tanque não deve ter contato nem deve estar apoiado sob o solo, então, para isto acontecer, deve estar a uma distância das faces do

compartimento em 60 centímetros (laterais, topo e base). Perspectivas da modelagem final do projeto arquitetônico podem ser conferidas nas Figura 20 e Figura 21.

Figura 20: Perspectiva frontal da residência



Fonte: Autor (2020)

Figura 21: Perspectiva da lateral e do fundo da residência



Fonte: Autor (2020)

4.2 Projeto hidrossanitário

4.2.1 Projeto de instalações prediais de água fria

A. Cálculo do consumo diário e volume de armazenamento:

Seguindo o procedimento descrito na página 21, e considerando uma população de sete pessoas para uma residência, com consumo de 150 por habitante, temos que o consumo diário é igual a (equação (1)):

$$Cd = 150 \frac{\text{litros}}{\text{pessoa}} * 7 \text{ pessoas}$$

$$Cd = 1050 \text{ litros}$$

Da equação (2), adotando um volume correspondente a dois dias de armazenamento e, por se tratar de uma residência unifamiliar, o volume para a reserva de incêndio inexistente, temos:

$$V = 2 \text{ dias} * 1050 \text{ litros} + 0 \text{ litros}$$

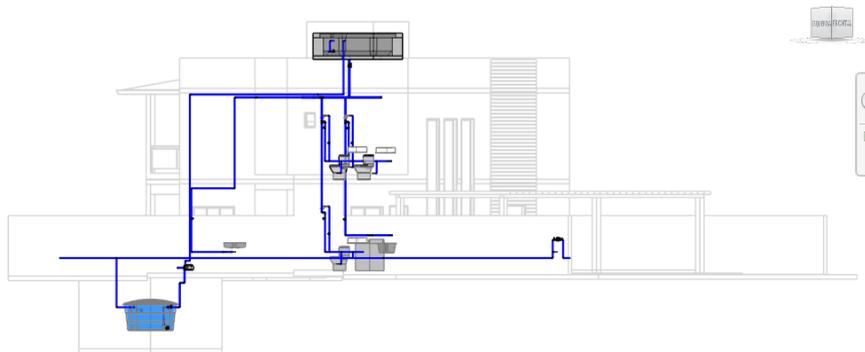
$$V = 2100 \text{ litros}$$

Sendo assim, pela regra dos 60%, temos que o reservatório inferior ficaria com 1260 litros, mas para termos um valor equivalente no mercado, foi adotado o volume de 1500 litros. Já para o superior, com os 40% equivale a 840 litros, mas em função de eventuais necessidades futuras deixou-se em 1000 litros.

B. Traçado do projeto:

O desenho, assim como o projeto final, pode ser conferido no Apêndice II. Na Figura 22 podemos ver como ficou uma perspectiva do modelo.

Figura 22: Perspectiva do projeto hidrossanitário da residência



Fonte: Autor (2020)

C. Cálculo do alimentador predial:

Primeiramente foi encontrada a vazão, como indicado na página 22:

$$Q = \frac{1050}{1000 * 8600}$$

$$Q = 1,215 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Com o valor da vazão encontrado e utilizando uma velocidade de 0,6 m/s, pela equação (3) o diâmetro encontrado foi o de:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1,215 * 10^{-5}}{0,6 * \pi}} * 1000$$

$$D = 5,078 \text{ mm}$$

Como o mínimo determinado pela companhia de abastecimento é o DN 25, foi adotado este valor para o diâmetro nominal.

D. Cálculo da bomba:

Assim como exposto na página 23 e considerando um horário de funcionamento da bomba de 1 hora, por se tratar de abastecer um reservatório pequeno, de 1000 litros, temos pela equação (4) que:

$$Q_{bomba} = \frac{1050}{1 * 3600 * 1000}$$

$$Q_{bomba} = 0,0002917 \text{ m}^3/\text{s}$$

E, pela equação (5), o diâmetro da tubulação de recalque é:

$$D_r = 1,3 * \sqrt{Q_{bomba}} * \sqrt[4]{\frac{1}{24}}$$

$$D_r = 10,03 \text{ m}$$

A partir dos diâmetros comerciais foi escolhido um diâmetro de recalque de DN 25 mm e para o de sucção o de DN 32 mm.

Com um comprimento real da tubulação de sucção igual a 3,14 m e o equivalente de 27,90 m (correspondendo a 6 cotovelos de 90° para DN 32 - 2 m cada -, 1 válvula de pé e crivo para DN 32 - 15,5 m - e 1 registro de gaveta aberto para DN 32 - 0,4 m), temos que a partir do ábaco da Figura 5 a perda de carga unitária corresponde a 0,0025 m/m. Logo, a perda de carga na tubulação de sucção é encontrada pela equação (7):

$$J_s = (3,14 + 27,90) * 0,0025$$

$$J_s = 0,0776 \text{ m}$$

Na mesma leitura do ábaco anterior se extraiu o dado da velocidade de 0,60 m/s, que combinada com a equação (8) temos que a altura representativa da velocidade é:

$$h_v = \frac{0,60^2}{2 * 9,81}$$

$$h_v = 0,018 \text{ m}$$

Então, a altura manométrica se deu pela equação (6), e resultou em 1,60 m. A Figura 23 mostra o esquema da tubulação de sucção no projeto. Analogamente para a tubulação de recalque, com uma altura estática de recalque de 7,39 m, um comprimento real da tubulação de 17,10 m e um equivalente de 8,90 m (correspondendo a 5 cotovelos de 90° para DN 25 - 1,50 m cada - e 2 cotovelos de 45° para DN 25 - 0,70 m cada),

juntamente com uma perda de carga unitária de 0,085 m/m, tem que a perda de carga na tubulação de recalque equivale a 2,21 m.

Com isso, a altura manométrica de recalque se dá pela equação (9):

$$H_{mr} = 7,39 + 2,21$$

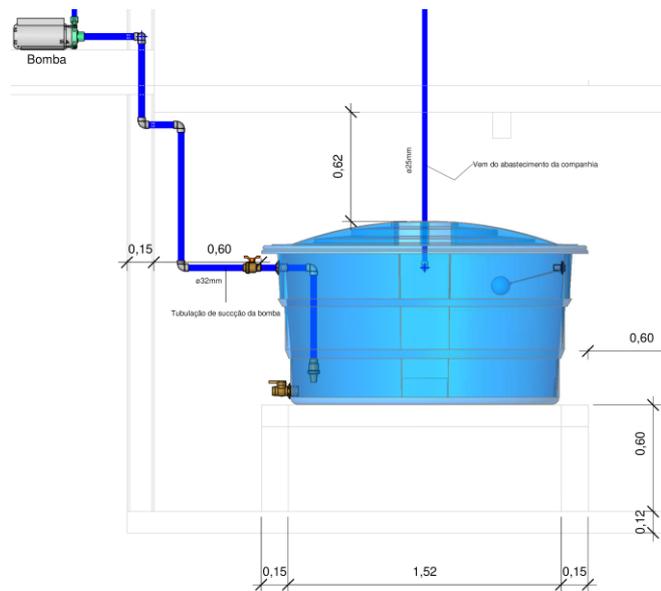
$$H_{mr} = 9,60m$$

Logo, a altura manométrica total do sistema de bombeamento equivale a equação (10):

$$H_m = 1,60 + 9,60$$

$$H_m = 11,20 m$$

Figura 23: Esquematização da tubulação de sucção e o reservatório inferior



Fonte: Autor (2020)

Adotando uma eficiência de 50% da bomba, pela equação (11), temos que a potência necessária será de:

$$P_{bomb} = \frac{1000 * 0,0002917 * 11,20}{75 * 0,5}$$

$$P_{bomb} = 0,0871 CV$$

Como não existe essa potência comercialmente, foi escolhida uma de ¼ CV, a partir da Figura 24, que para a altura manométrica calculada permite uma vazão superior a encontrada anteriormente, sendo uma opção viável de equipamento.

Um ponto interessante no desenvolvimento da planilha foi colocar os valores de vazão como nomes, facilitando na hora de puxar os dados, como se pode ver na Figura 26. Isso segue para todos os outros pontos de consumo, cuja legendas estão presentes na Tabela 17.

Figura 26: Exemplo do nome sendo utilizado para vazão dos pontos de consumo

Tipo de Tubo	Trecho	Soma dos pesos	Vazão	DN	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)
Liso	AF 1 (BASE)	1,1	0,315	25	21,6	0,859
Liso	CH-DF-CD-LV	1,1	0,315	25	21,6	0,859
Liso	Sub-ramal CH	-	0,100	25	21,6	0,273

Fonte: Autor (2020)

Tabela 17: Legenda para somatório de pesos

Aparelho sanitário		Legenda para peso relativo	Legenda para vazão
Bacia sanitária	Caixa de descarga	Caixa_de_descarga	Vazao_Caixa_de_descarga
	Válvula de descarga	Válvula_de_descarga	Vazao_Válvula_de_descarga
Banheira		Banheira	Vazao_Banheira
Bebedouro		Bebedouro	Vazao_Bebedouro
Bidê		Bide	Vazao_Bide
Chuveiro ou ducha		Chuveiro_ou_ducha	Vazao_Chuveiro_ou_ducha
Chuveiro elétrico		Chuveiro_eletrico	Vazao_Chuveiro_eletrico
Lavadora de pratos ou de roupas		Lavadora_de_pratos_ou_roupas	Vazao_Lavadora_de_pratos_ou_roupas
Lavatório		Lavatorio	Vazao_Lavatorio
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Mictorio_com_sifao	Vazao_Mictorio_com_sifao
	sem sifão intergrado	Mictorio_sem_sifao	Vazao_Mictorio_sem_sifao
Mictório tipo calha		Mictorio_calha	Vazao_Mictorio_calha
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	Pia_torneira_ou_misturador	Vazao_Pia_torneira_ou_misturador
	Torneira eletrica	Pia_torneira_eletrica	Vazao_Pia_torneira_eletrica
Tanque		Tanque	Vazao_Tanque
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira_de_jardim	Vazao_Torneira_de_jardim

Fonte: Autor (2020)

F. Dimensionamento dos ramais:

Com o mesmo exemplo do tópico dos sub-ramais, no primeiro trecho temos uma bacia sanitária com caixa de descarga, um chuveiro elétrico, uma ducha e um lavatório, que em termos de peso relativo correspondem a 0,3, 0,1, 0,4 e 0,3, respectivamente. Pela equação (13), a vazão no ramal é:

$$Q = 0,3 * \sqrt{0,3 + 0,1 + 0,4 + 0,3}$$

$$Q = 0,315 \text{ l/s}$$

Pelo nonograma (Figura 6), o DN da tubulação deve ser de pelo menos 25 mm, que foi o adotado para os cálculos. A velocidade, pela equação (12), é igual a:

$$v = 4 * 10^3 * 0,315 * \pi^{-1} * 21,6^{-2}$$

$$v = 0,859 \text{ m/s}$$

Para este ramal temos mais dois trechos, um após o chuveiro e outro após a caixa de descarga, que possuem 1 e 0,7 de peso relativo, respectivamente. Com esses valores temos para o trecho Caixa de descarga – Ducha – Lavatório:

$$Q = 0,3 * \sqrt{0,3 + 0,4 + 0,3}$$

$$Q = 0,30 \text{ l/s}$$

$$v = 4 * 10^3 * 0,30 * \pi^{-1} * 21,6^{-2}$$

$$v = 0,819 \text{ m/s}$$

E para o trecho Ducha – Lavatório:

$$Q = 0,3 * \sqrt{0,4 + 0,3}$$

$$Q = 0,251 \text{ l/s}$$

$$v = 4 * 10^3 * 0,251 * \pi^{-1} * 21,6^{-2}$$

$$v = 0,685 \text{ m/s}$$

Para o cálculo do peso total do trecho também foram colocados os nomes nas variáveis dos valores (Tabela 17), como se pode ver para o exemplo desse ramal calculado na Figura 27.

Figura 27: Exemplo do nome sendo utilizado para pesos dos pontos de consumo

	C	D	E	F	G	H	I	J	K
27	CH-CD-DF-IV	1,1	0,315	25	21,6	0,859	0,527	0,170	0,900

Fonte: Autor (2020)

G. Dimensionamento das colunas de distribuição:

Tomando a coluna de água fria 3, a mesma que abastece o banheiro da Suíte 2, no 1º andar, e o banheiro social, do térreo, tem-se a mesma configuração dos tópicos anteriores, só que com os pesos dobrados. Logo, pela equação (13):

$$Q = 0,3 * \sqrt{2 * (0,3 + 0,1 + 0,4 + 0,3)}$$

$$Q = 0,445 \text{ l/s}$$

Para esta vazão, na Figura 6, o diâmetro nominal a ser adotado é de no mínimo 32 mm. Porém, por questões de pressão (que serão abordadas nos tópicos seguintes) foi escolhido o de 40 mm. Seguindo para os cálculos de velocidade, temos (equação (12)):

$$v = 4 * 10^3 * 0,445 * \pi^{-1} * 35,2^{-2}$$

$$v = 0,457 \text{ m/s}$$

O dimensionamento das outras colunas de água fria segue o mesmo padrão e estão no Apêndice III.

H. Dimensionamento do barrilete:

O sistema de instalações prediais possui, no total, 3 chuveiros, 3 duchas, 3 lavatórios, 3 bacias sanitárias com caixa acoplada, 2 pias de cozinha, 1 tanque e 1 máquina de lavar roupas. A soma de todos os pesos e a vazão são de:

$$Peso \text{ total} = 3 * 0,1 + 3 * 0,4 + 3 * 0,3 + 3 * 0,3 + 2 * 0,7 + 1 * 0,7 + 1 * 1$$

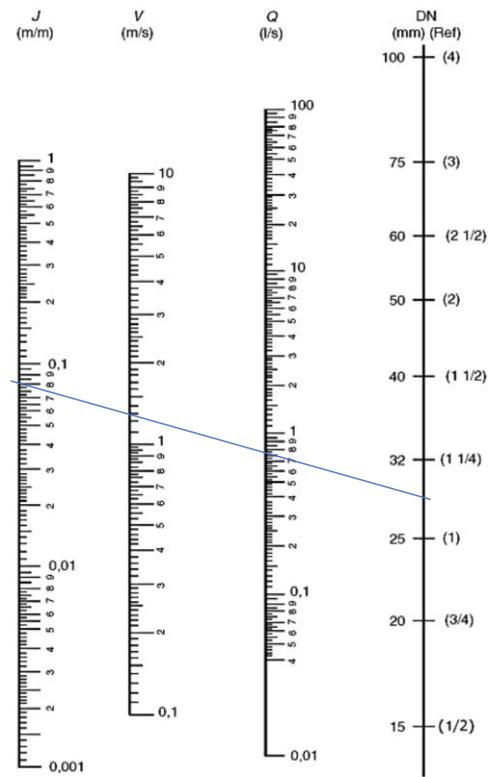
$$Peso \text{ total} = 6,4$$

$$Q = 0,3 * \sqrt{6,4}$$

$$Q = 0,759 \text{ l/s}$$

Com isso, pela Figura 5 o diâmetro nominal seria de 32 mm, como podemos ver na Figura 28. No próximo tópico será abordado como acontecem os cálculos de perda de carga e a pressão residual, para verificar se as demandas dos pontos de utilização serão atendidas. Com isto, o diâmetro utilizado no projeto foi o de 50 mm.

Figura 28: Demonstração do uso do Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao



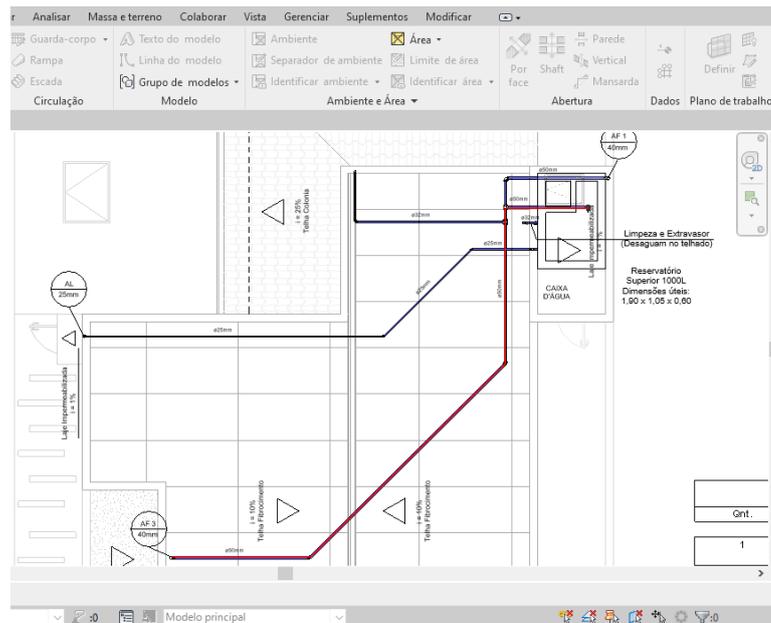
Fórmula de Fair-Whipple-Hsiao ($Q = 55.934 \cdot J^{0,571} \cdot D^{2,714}$)

Fonte: Adaptado de Macintyre (2017)

I. Considerações dos dimensionamentos:

Os cálculos de verificação foram feitos seguindo o percurso da caixa d'água até a coluna de água fria 3, trecho correspondente a linha vermelha na Figura 29. A contas se deram a partir das perdas de carga e das pressões disponíveis.

Figura 29: Trecho da caixa d'água até a coluna de água fria 3



Fonte: Autor (2020)

Trecho 1: Reservatório Superior até o tê do barrilete.

Comprimento real = 1,86 m;

Comprimento equivalente = 13,3 m (1 entrada normal, 1 registro de gaveta aberto, 1 cotovelo de 90° e 1 tê de passagem lateral, todos para DN 50 mm).

Perda de carga linear (equação (14)):

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,759^{1,75} * 44^{-4,75}$$

$$J = 0,084 \text{ kPa/m}$$

Perda de carga total (equação (15)):

$$J_t = 0,084 * (1,86 + 13,3)$$

$$J_t = 1,27 \text{ kPa}$$

Diferença de cota = 1,25 m.

Pressão disponível (equação (16)):

$$P_{disp} = 1,25 * 10$$

$$P_{disp} = 12,5 \text{ kPa}$$

Pressão residual (equação (17)):

$$P_r = 12,5 - 1,27$$

$$P_r = 11,23 \text{ kPa}$$

Trecho 2: Tê do barrilete até tê que distribui para as colunas de AF 2 e 3.

Soma dos pesos = 3,6;

Vazão = 0,569 L/s;

Comprimento real = 0,23 m;

Comprimento equivalente = 4,6 m (2 tês de passagem direta, de DN 50 mm).

Perda de carga linear (equação (14)):

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,569^{1,75} * 44^{-4,75}$$

$$J = 0,051 \text{ kPa/m}$$

Perda de carga total (equação (15)):

$$J_t = 0,051 * (0,23 + 4,6)$$

$$J_t = 0,245 \text{ kPa}$$

Diferença de cota = 0 m;

Pressão disponível = 11,23 kPa.

Pressão residual (equação (17)):

$$P_r = 11,23 - 0,245$$

$$P_r = 10,986 \text{ kPa}$$

Trecho 3: Tê que distribui para as colunas de AF 2 e 3 até topo da coluna de AF 3.

Soma dos pesos = 2,2;

Vazão = 0,445 L/s;

Comprimento real = 10,86 m;

Comprimento equivalente = 2,6 m (2 cotovelos de 45°, de DN 50 mm).

Perda de carga linear (equação (14)):

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,445^{1,75} * 44^{-4,75}$$

$$J = 0,033 \text{ kPa/m}$$

Perda de carga total (equação (15)):

$$J_t = 0,033 * (10,86 + 2,6)$$

$$J_t = 0,443 \text{ kPa}$$

Diferença de cota = 0 m;

Pressão disponível = 10,986 kPa.

Pressão residual (equação (17)):

$$P_r = 10,986 - 0,443$$

$$P_r = 10,543 \text{ kPa}$$

Trecho 4: Topo da AF 3 até tê que distribui para as AF' 3 e AF'' 3.

Soma dos pesos = 2,2;

Vazão = 0,445 L/s;

Diâmetro nominal = 40 mm;

Comprimento real = 0,75 m;

Comprimento equivalente = 5,4 m (1 cotovelo de 90° e 1 tê de passagem direta, todos de DN 40 mm).

Perda de carga linear (equação (14)):

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,445^{1,75} * 35,2^{-4,75}$$

$$J = 0,095 \text{ kPa/m}$$

Perda de carga total (equação (15)):

$$J_t = 0,095 * (0,75 + 5,4)$$

$$J_t = 0,584 \text{ kPa}$$

Diferença de cota = 0,80 m.

Pressão disponível (equação (16)):

$$P_{disp} = 10,543 + 0,80 * 10$$

$$P_{disp} = 18,543 \text{ kPa}$$

Pressão residual (equação (17)):

$$P_r = 18,543 - 0,584$$

$$P_r = 17,959 \text{ kPa}$$

Trecho 5: Tê que distribui para as AF' 3 e AF'' 3 para topo da AF' 3.

Soma dos pesos = 1,1;

Vazão = 0,315 L/s;

Diâmetro nominal = 40 mm;

Comprimento real = 0,10 m;

Comprimento equivalente = 10,50 m (1 tê de passagem lateral e 1 cotovelo de 90°, todos de DN 40 mm).

Perda de carga linear (equação (14)):

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,315^{1,75} * 35,2^{-4,75}$$

$$J = 0,052 \text{ kPa/m}$$

Perda de carga total (equação (15)):

$$J_t = 0,052 * (0,10 + 10,50)$$

$$J_t = 0,549 \text{ kPa}$$

Diferença de cota = 0 m;

Pressão disponível = 17,959 kPa.

Pressão residual (equação (17)):

$$P_r = 17,959 - 0,549$$

$$P_r = 17,410 \text{ kPa}$$

Trecho 6: Topo da AF' 3 até a base (início do ramal).

Soma dos pesos = 1,1;

Vazão = 0,315 L/s;

Diâmetro nominal = 25 mm;

Comprimento real = 1,20 m;

Comprimento equivalente = 1,80 m (1 registro de gaveta aberto e 1 cotovelo de 90°, todos de DN 25 mm).

Perda de carga linear (equação (14)):

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,315^{1,75} * 21,6^{-4,75}$$

$$J = 0,527 \text{ kPa/m}$$

Perda de carga total (equação (15)):

$$J_t = 0,527 * (1,20 + 1,80)$$

$$J_t = 1,580 \text{ kPa}$$

Diferença de cota = 1,30 m.

Pressão disponível (equação (16)):

$$P_{disp} = 17,41 + 1,30 * 10$$

$$P_{disp} = 30,41 \text{ kPa}$$

Pressão residual (equação (17)):

$$P_r = 30,41 - 1,58$$

$$P_r = 28,83 \text{ kPa}$$

Trecho 7: Início do ramal até tê do chuveiro.

Soma dos pesos = 1,1;

Vazão = 0,315 L/s;

Diâmetro nominal = 25 mm;

Comprimento real = 0,17 m;

Comprimento equivalente = 0,90 m (1 tê de passagem direta, de DN 25 mm).

Perda de carga linear (equação (14)):

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,315^{1,75} * 21,6^{-4,75}$$

$$J = 0,527 \text{ kPa/m}$$

Perda de carga total (equação (15)):

$$J_t = 0,527 * (0,17 + 0,90)$$

$$J_t = 0,564 \text{ kPa}$$

Diferença de cota = 0 m;

Pressão disponível = 28,83 kPa.

Pressão residual (equação (17)):

$$P_r = 28,83 - 0,564$$

$$P_r = 28,27 \text{ kPa}$$

Trecho 8: Sub-ramal do chuveiro.

Vazão = 0,100 L/s;

Diâmetro nominal = 25 mm;

Comprimento real = 1,42 m;

Comprimento equivalente = 19,60 m (1 registro de globo aberto, 1 tê de passagem lateral e 1 cotovelo de 90°, todos de DN 25 mm).

Perda de carga linear (equação (14)):

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,100^{1,75} * 21,6^{-4,75}$$

$$J = 0,071 \text{ kPa/m}$$

Perda de carga total (equação (15)):

$$J_t = 0,071 * (1,42 + 19,60)$$

$$J_t = 1,489 \text{ kPa}$$

Diferença de cota = -1,50 m.

Pressão disponível (equação (16)):

$$P_{disp} = 28,27 + (-1,50 * 10)$$

$$P_{disp} = 13,27 \text{ kPa}$$

Pressão residual (equação (17)):

$$P_r = 13,27 - 1,489$$

$$P_r = 11,78 \text{ kPa}$$

Como essa pressão no chuveiro é superior a 10kPa, o aparelho estará com valor bom, segundo a NBR 5626:1998 (ABNT, 1998). Como citado nos tópicos anteriores, o ábaco indicou valores de diâmetros diferentes aos utilizados e pode ser vista a simulação na Tabela 18, com diâmetro nominal de 32 mm, e na Tabela 19, utilizando DN 40 mm. As células em vermelho correspondem a pressões abaixo do permitido.

Tabela 18: Exemplo de dimensionamento com DN 32 mm para barrilete e AF

Trecho	Soma dos pesos	Vazão	DN	Perda de Carga unitária (kPa/m)	L Real (m)	L Equivalente (m)	Perda de Carga Total	Diferença de Cota (m)	Pressão disponível (kPa)	Pressão Disponível Residual
1	6,4	0,759	32	0,742	1,86	7,6	7,016	1,250	12,500	5,484
2	3,6	0,569	32	0,448	0,230	3,000	1,448	0,000	5,484	4,036
3	2,2	0,445	32	0,291	10,860	2,000	3,747	0,000	4,036	0,290
4	2,2	0,445	32	0,291	0,750	3,500	1,238	0,800	8,290	7,052
5	1,1	0,315	32	0,159	0,100	6,600	1,064	0,000	7,052	5,987
6	1,1	0,315	25	0,527	1,200	1,800	1,580	1,30	18,99	17,407
7	1,1	0,315	25	0,527	0,170	0,900	0,564	0,00	17,41	16,844
8	-	0,100	25	0,071	1,420	19,600	1,489	-1,50	1,84	0,355

Fonte: Autor (2020)

Tabela 19: Exemplo de dimensionamento com DN 40 mm para barrilete e AF

Trecho	Soma dos pesos	Vazão	DN	Perda de Carga unitária (kPa/m)	L Real (m)	L Equivalente (m)	Perda de Carga Total	Diferença de Cota (m)	Pressão disponível (kPa)	Pressão Disponível Residual
1	6,4	0,759	40	0,242	1,86	12,2	3,399	1,250	12,500	9,101
2	3,6	0,569	40	0,146	0,230	4,400	0,676	0,000	9,101	8,425
3	2,2	0,445	40	0,095	10,860	2,000	1,221	0,000	8,425	7,204
4	2,2	0,445	40	0,095	0,750	5,400	0,584	0,800	15,204	14,620
5	1,1	0,315	40	0,052	0,100	10,500	0,549	0,000	14,620	14,071
6	1,1	0,315	25	0,527	1,200	1,800	1,580	1,30	27,07	25,491
7	1,1	0,315	25	0,527	0,170	0,900	0,564	0,00	25,49	24,927
8	-	0,100	25	0,071	1,420	19,600	1,489	-1,50	9,93	8,438

Fonte: Autor (2020)

O cálculo das outras colunas, ramais e sub-ramais são da mesma forma e podem ser conferidos no Apêndice III. Para encontrar o valor da perda de carga unitária, na planilha foi colocada uma lista suspensa para escolher se é uma tubulação lisa ou rugosa (Figura 30) e para verificar se as pressões máxima e mínimas são atendidas ao longo do sistema foi colocada uma lista suspensa para determinar se era uma tubulação comum ou algum sub-ramal em específico, e uma formatação condicional para identificar os valores fora do intervalo (Figura 31).

Figura 30: Escolha do tipo de tubulação

	A	B	C	D	E	F
7						
8						
9		Tipo de Tubo	Trecho	Soma dos pesos	Vazão	DN
10		Liso	AF' 1 (BASE)	1,1	0,315	25
11		Rugoso	CH-DF-CD-LV	1,1	0,315	25
12		Liso	Sub-ramal CH	-	0,100	25

Fonte: Autor (2020)

Figura 31: Escolha da representação do trecho

	N	O	P	Q	R	S	
7							
8							
9		Perda de Carga Total	Diferença de Cota (m)	Pressão disponível (kPa)	Pressão Disponível Residual	Ponto de utilização	Pressão mínima condicional
10		1,575	1,300	30,23	28,65	Ramal ou coluna	5
11		0,558	0,00	28,65	28,65	CD	5
12		1,489	-1,50	13,10	11	Sub-ramal	10
13		0,693	0,00	28,10	27,7	Ramal ou coluna	5
14		1,137	0,20	29,40	28,27	Sub-ramal	10

Fonte: Autor (2020)

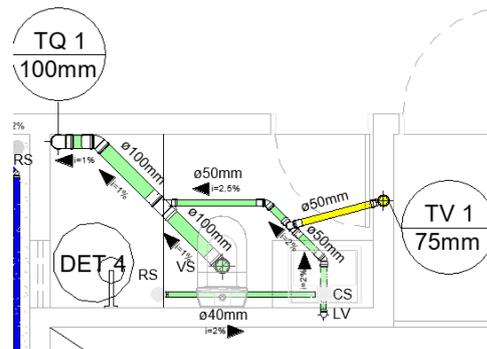
4.2.2 Projeto de instalações prediais de esgoto sanitário

O projeto completo pode ser conferido no Apêndice IV, onde o mesmo apresenta todo o traçado com seus respectivos detalhamentos, diâmetros de tubulações e inclinações. Os cálculos necessários serão apresentados nos tópicos a seguir.

A. Dimensionamento ramais de descarga:

A partir do procedimento presente na página 31, os cômodos da edificação são divididos e são calculados os valores de UHC para cada ramal de descarga presente. A divisão completa pode ser vista no Apêndice V. Tomando como exemplo o banheiro da suíte 2 (Figura 32) no 1º pavimento, temos que o mesmo possui um chuveiro, um lavatório, uma bacia sanitária e uma caixa sifonada, que pode servir como ralo.

Figura 32: Esgoto do banheiro da suíte 2



Fonte: Autor (2020)

Tabela 20: Aparelhos sanitários e suas respectivas UHC

Aparelho sanitário	Quantidade	UHC	DN mínimo
Chuveiro - De residência	1	2	40
Lavatório - De residência	1	1	40
Bacia sanitária	1	6	100
Não listado DN 40	1	2	40

Fonte: Autor (2020)

É interessante ressaltar que na coluna “Aparelho sanitário” foi colocada uma lista suspensa (Figura 33) para se escolher o tipo de aparelho sanitário e a coluna “UHC” puxar o valor correspondente e já indicar o diâmetro nominal mínimo. O item não listado (Tabela 5) corresponde à caixa sifonada, a qual foi escolhida para contribuir pelo fato de poder servir como ralo. É feito o mesmo procedimento para os demais cômodos.

Figura 33: Lista suspensa com os aparelhos sanitários

Aparelho sanitário	Quantidade	UHC	DN mínimo
Chuveiro - De residência	1	2	40
Chuveiro - Coletivo	1	1	40
Lavatório - De residência	1	6	100
Lavatório - De uso geral	1	2	40
Mictório cerâmico - Válvula de descarga			
Mictório cerâmico - Caixa de descarga			
Mictório cerâmico - Descarga automática			
Mictório cerâmico - De calha			

Fonte: Autor (2020)

B. Dimensionamento ramais de esgoto:

No exemplo deste banheiro temos dois ramais de esgoto, um composto pelos efluentes do lavatório, do ralo do chuveiro e do ralo sifonado e outro com o anterior

mais a bacia sanitária. No primeiro, a soma de UHC é igual a 5, o que, pela Tabela 6, indica um diâmetro nominal de pelo menos 50 milímetros.

Do mesmo modo, o segundo ramal tem seu somatório igual a 11 UHC, o que resultaria em uma tubulação de 75 milímetros. Entretanto, o duto do vaso sanitário é de 100 milímetros, o que resultou na adoção desse tamanho para o ramal referido.

C. Dimensionamento tubos de queda:

Continuando no mesmo cômodo dos tópicos anteriores, o tubo de queda 1 apenas é alimentado pelo ramal de esgoto com UHC igual a 11. Pela Tabela 7, o diâmetro nominal deve ser de pelo menos 75 milímetros, mas seguindo a mesma lógica de manter o tamanho do maior presente no trecho, foi adotado o de 100 milímetros. Neste mesmo fundamento foram dimensionados os outros tubos de queda presentes no projeto (Apêndice IV).

D. Dimensionamento dos subcoletores e coletores prediais:

Todos os subcoletores e o coletor predial foram dimensionados com 100 milímetros de diâmetro nominal, que para declividade de 1% comportam até 180 UHC (Tabela 8), e a residência, no total, gera 48 UHC.

E. Dimensionamento dos ramais de ventilação:

O banheiro da suíte 2, pelos cálculos dos tópicos anteriores tem 11 UHC, o que, pela Tabela 9, indica um ramal de ventilação de DN 50 mm, por estar no grupo de aparelhos com bacias sanitárias e estar em um valor de até 17 UHC. Os demais ramais são feitos da mesma maneira e podem ser conferidos no Apêndice V.

F. Dimensionamento das colunas de ventilação:

Como exemplificação, pegando a coluna de ventilação 1 (Figura 32), ela recebe os ramais de ventilação do banheiro da suíte 2 e do banheiro social do térreo, que somados resultam em 22 UHC. Pelo Anexo II, o diâmetro nominal a ser adotado é o de 75 milímetros.

G. Dimensionamento da Fossa Séptica:

Pela equação (18), extraiu-se o volume útil da fossa séptica, adotando N de 7 pessoas e uma residência de alto padrão, ou seja, com C igual a 160 e L_f 1 (Tabela 10). Com isso, ao termos a contribuição diária, que é a multiplicação de N com C, tem-se

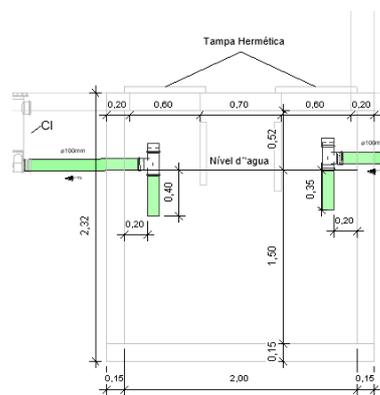
um valor de 1120 L, que, pela Tabela 11 corresponde a um T de 1 dia. Escolhendo um intervalo de limpeza de 1 ano e temperatura ambiente maior que 20°C, o valor de K resultante é 57 (Tabela 12). Logo:

$$V = 1000 + 7 * (160 * 1 + 57 * 1)$$

$$V = 2519 L = 2,519 m^3$$

Pela Tabela 13, com esse valor de volume útil temos que a profundidade útil deve estar entre 1,20 e 2,20 metros. Adotando 2 metros de comprimento e 1 metro de largura, juntamente com uma profundidade útil de 1,50 metros, gera-se um volume útil de 3 m³, o que atende ao sistema. Outro fato interessante é que a partir da modelagem é possível encontrar a profundidade com a qual o coletor predial chega, podendo obter a profundidade total da fossa, que foi de 2,32 metros (Figura 34).

Figura 34: Detalhe Fossa Séptica



Fonte: Autor (2020)

H. Dimensionamento Sumidouro:

Sabendo que o solo do bairro do referido projeto é predominantemente argila arenosa e adotando um coeficiente de infiltração de 40 L/m² x dia, N de 7 e C de 160. Temos, pela equação (19), uma área de absorção de:

$$S = \frac{7 * 160}{40}$$

$$S = 28 m^2$$

Adotando um diâmetro interno de 1,20 metros, temos pela equação (20) que a altura útil será de:

$$h = \frac{4 * 28 - \pi * 1,2}{4 * \pi * 1,2}$$

$$h = 7,13 m$$

Da mesma forma que foi encontrada a profundidade total da fossa séptica (a partir da análise do modelo 3D), temos que a altura total será de 8 metros.

4.2.3 Instalações prediais de águas pluviais

A. Traçado do projeto:

O projeto desse sistema se encontra na mesma prancha do projeto de instalações prediais de esgoto sanitário, no Apêndice IV. A seguir será mostrado o memorial de cálculo.

B. Vazão de contribuição:

Pelo desenho arquitetônico (Apêndice I), pode-se notar que existem 2 telhados, o da platibanda e outro da varanda do 1º pavimento. Com isso, para encontrar a vazão de contribuição os cálculos foram divididos em duas partes.

A primeira consiste em encontrar as áreas de contribuição de cada água da platibanda, onde foi utilizada a fórmula b da Figura 7. O lado esquerdo foi dividido em 2 partes, como pode ser conferido na Figura 35. No retângulo azul as dimensões são: h = 0,50 m; a = 3,60 m; b = 5,60 m. No vermelho, temos: h = 0,66 m; a = 5,10 m; b = 3,60 m. Então, o equacionamento da área de contribuição se dá pela soma das duas regiões.

$$A = \left(3,6 + \frac{0,5}{2}\right) * 5,6 + \left(5,1 + \frac{0,66}{2}\right) * 3,6$$

$$A = 41,11 \text{ m}^2$$

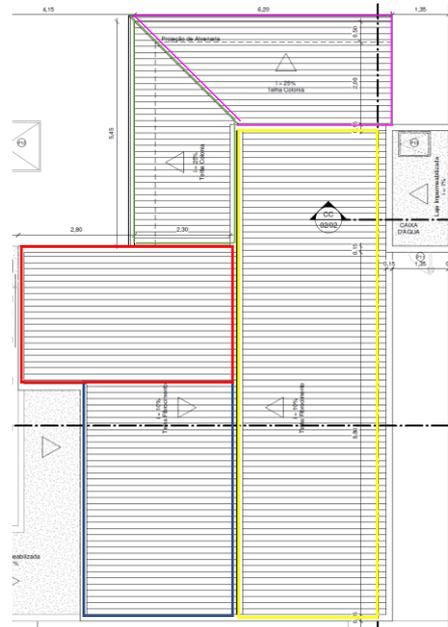
O lado direito, correspondente a área em amarelo na Figura 35, tem as seguintes dimensões: h = 0,50 m; a = 3,50 m; b = 11,80 m. Logo, sua área será de:

$$A = \left(3,5 + \frac{0,5}{2}\right) * 11,8$$

$$A = 44,25 \text{ m}^2$$

Portanto, a partir do somatório dos dois lados, temos um total de 85,36 m², que será a área de contribuição.

Figura 35: Divisão do telhado para águas pluviais



Fonte: Autor (2020)

A intensidade pluviométrica para a cidade de Maceió, segundo o Anexo III, para um tempo de retorno de 25 anos, é de 174 mm/h. Com isso, pela equação (21), a vazão de projeto para esse primeiro telhado é de:

$$Q = \frac{85,36 * 174}{60}$$

$$Q = 247,54 \text{ L/min}$$

O telhado do 1º pavimento segue o mesmo modelo de cálculo e também foi dividido em 2 partes. A verde e a rosa (Figura 35), a primeira com dimensões de: h = 0,68 m; a = 2,38 m; b = 5,60 m e a segunda com: h = 0,73 m; a = 2,50 m; b = 6,35 m. A área total de contribuição é:

$$A = \left(2,38 + \frac{0,68}{2}\right) * 5,6 + \left(2,5 + \frac{0,73}{2}\right) * 6,35$$

$$A = 33,42 \text{ m}^2$$

Então, pela equação (21) a vazão de projeto do telhado do 1º pavimento é de:

$$Q = \frac{33,42 * 174}{60}$$

$$Q = 96,93 \text{ L/min}$$

C. Dimensionamento das calhas:

Foram previstas 3 calhas, uma no centro da platibanda e as outras duas nos extremos do telhado da varanda do 1º pavimento. Para a primeira, a vazão corresponde

a calculada no tópico anterior, 247,54 L/min, e as outras duas correspondem ao pedaço de área que cada uma tem. Ou seja, a da esquerda (parte verde da Figura 35), terá uma vazão igual a $\frac{15,23*174}{60}$, resultando em 44,17 L/min. Já a frontal (parte rosa da Figura 35), será o restante, 52,76 L/min.

Verificando na Tabela 16, as calhas, por questão de uniformização, foram escolhidas as de diâmetro interno de 150 milímetros e inclinação de 0,5%.

D. Dimensionamento do condutor vertical:

Pelo ábaco do Anexo V, as vazões da platibanda (247,54 L/min) e do telhado da varanda (96,93 L/min) ficariam com o diâmetro mínimo de 75 milímetros. Entretanto, afim de unificar com as tubulações dos condutores horizontais, que preveem ralos para drenagem, foi escolhido utilizar o DN 100 milímetros.

E. Dimensionamento do condutor horizontal:

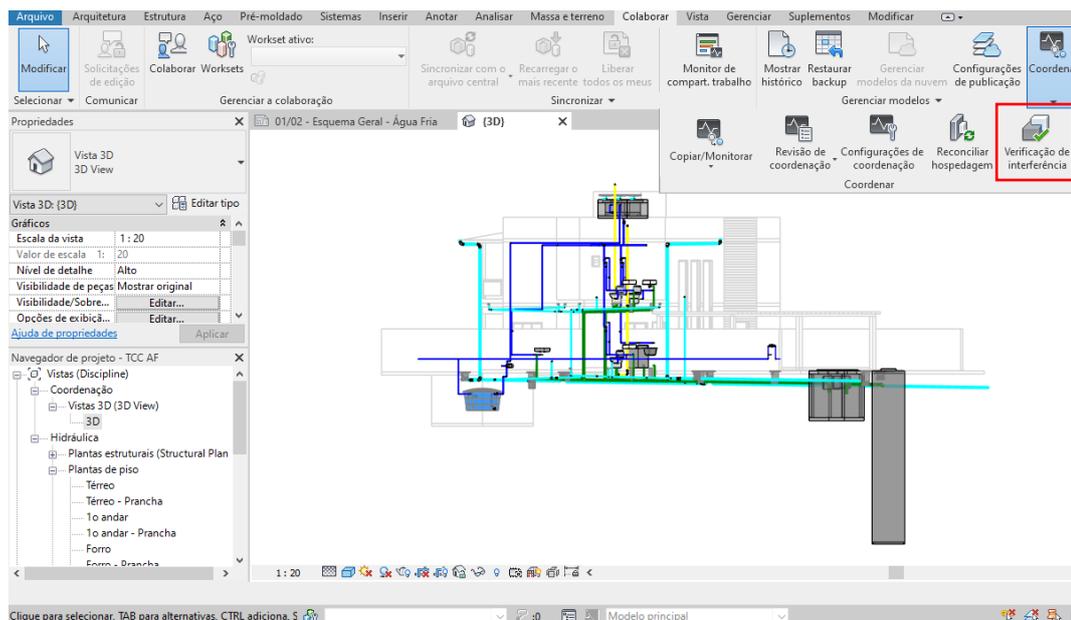
Para facilitar a execução e fazer a unificação de diâmetros com as tubulações verticais, visando uma maior economia e um menor desperdício de material, manteve o diâmetro nominal de 100 milímetros e foi escolhida uma inclinação de 1%, para ser uma declividade similar as tubulações de esgoto, que passam ao lado.

Pelo Anexo VI, essa configuração suporta uma vazão de até 287 L/min, o que condiz com o que foi calculado, visto que as tubulações de água pluvial do telhado da platibanda não se encontram com as do telhado da varanda do 1º pavimento, deixando uma folga na vazão.

4.3 Clash detection

Esse recurso é uma das principais ferramentas do BIM 3D e auxiliou na detecção de conflitos entre os sistemas hidrossanitários. Inserindo vínculo do modelo de instalações prediais de esgoto sanitário e águas pluviais no arquivo de instalações prediais de água fria, foram verificadas as interferências a partir do botão da Figura 36.

Figura 36: Modelo 3D com todos os sistemas integrados



Fonte: Autor (2020)

O relatório de conflitos foi gerado (Figura 37) e tiveram dois tipos de problema. O primeiro foi devido a tubulação de águas pluviais da varanda do 1º pavimento estar se encontrando com o abastecimento de água fria que passa pelo forro e vai até a cozinha (Figura 38) e alternativa foi apenas baixar em 2 centímetros a tubulação de água de alimentação.

O segundo problema, que representou a maioria, foi devido a um erro de posicionamento na saída de água para abastecimento no lavatório, conflitando com a tubulação de saída de esgoto do mesmo equipamento. Essa interferência pode ser vista na Figura 39 e a correção na Figura 40.

Figura 37: Relatório de interferências

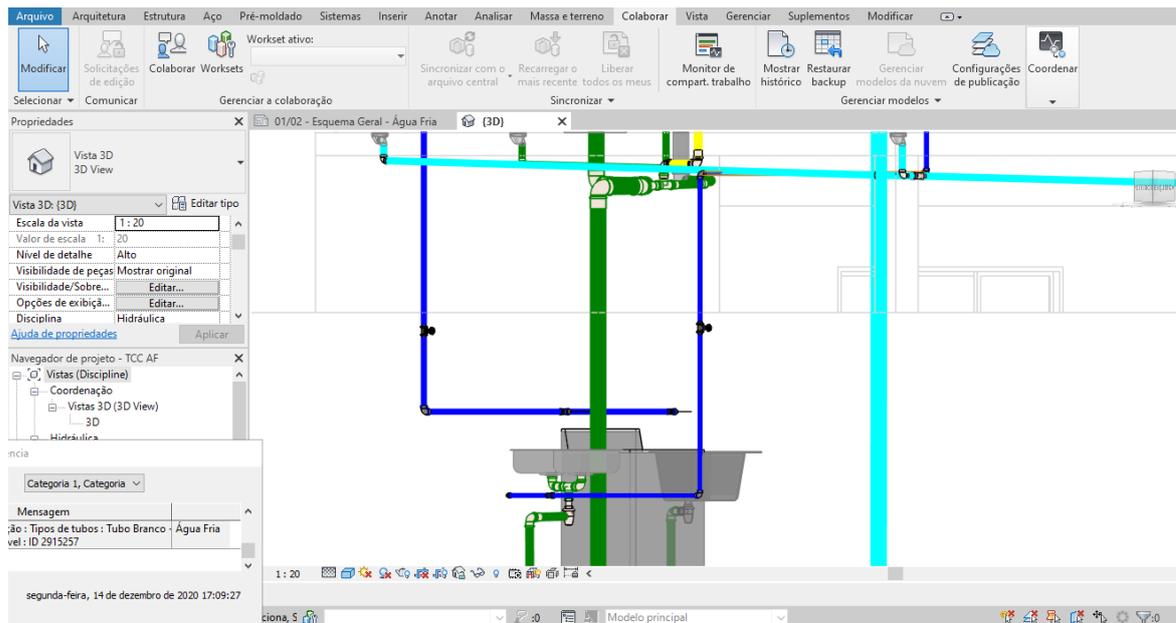
Arquivo do relatório de interferência do projeto: C:\Users\Matheus Pontes\Desktop\TCC atualizado\Projeto REVIT\Hidro\AF\TCC AF.rvt
 Criado: domingo, 13 de dezembro de 2020 18:08:56
 Última atualização:

	A	B
1	Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Branco - Água Fria - Roscável : ID 2852731	TCC HEG.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 2936745
2	Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Branco - Água Fria - Roscável : ID 2853384	TCC HEG.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 2875354
3	Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Branco - Água Fria - Roscável : ID 2854039	TCC HEG.rvt : Conexões de tubo : Joelho 45_90 - Serie Normal - Esgoto - MEP - Tigre : Standard : ID 2937250
4	Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Branco - Água Fria - Roscável : ID 2854114	TCC HEG.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 2862409
5	Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Branco - Água Fria - Roscável : ID 2884597	TCC HEG.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 2862409
6	Conexões de tubo : Joelho 90 com Bucha de Latao - Agua Fria_Soldavel - MEP - Tigre : Standard : ID 2884605	TCC HEG.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 2862409
7	Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Branco - Água Fria - Roscável : ID 2878657	TCC HEG.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 2936745
8	Conexões de tubo : Joelho 90 com Bucha de Latao - Agua Fria_Soldavel - MEP - Tigre : Standard : ID 2878665	TCC HEG.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 2936745
9	Conexões de tubo : Joelho 90 com Bucha de Latao - Agua Fria_Soldavel - MEP - Tigre : Standard : ID 2878665	TCC HEG.rvt : Conexões de tubo : Joelho 45_90 - Serie Normal - Esgoto - MEP - Tigre : Standard : ID 2936767
10	Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Branco - Água Fria - Roscável : ID 2884148	TCC HEG.rvt : Conexões de tubo : Joelho 45_90 - Serie Normal - Esgoto - MEP - Tigre : Standard : ID 2937250
11	Conexões de tubo : Joelho 90 com Bucha de Latao - Agua Fria_Soldavel - MEP - Tigre : Standard : ID 2884156	TCC HEG.rvt : Conexões de tubo : Joelho 45_90 - Serie Normal - Esgoto - MEP - Tigre : Standard : ID 2937250
12	Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Branco - Água Fria - Roscável : ID 2915257	TCC HEG.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Pluvial : ID 2906363

Fim do relatório de interferência

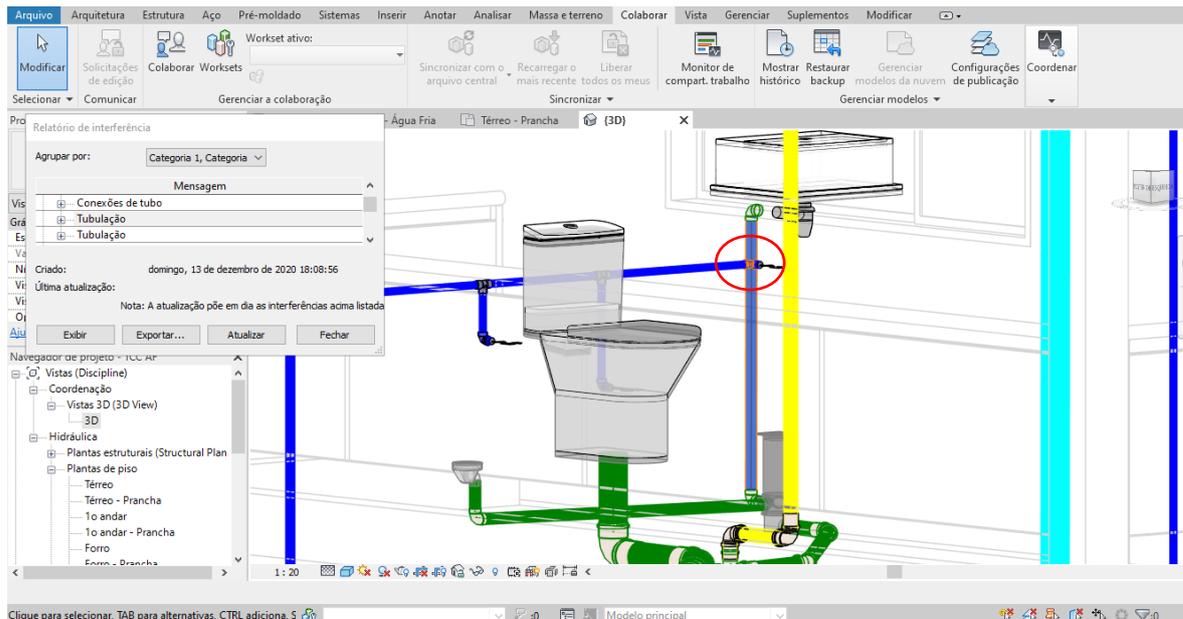
Fonte: Autor (2020)

Figura 38: Interferência encontrada no forro da cozinha



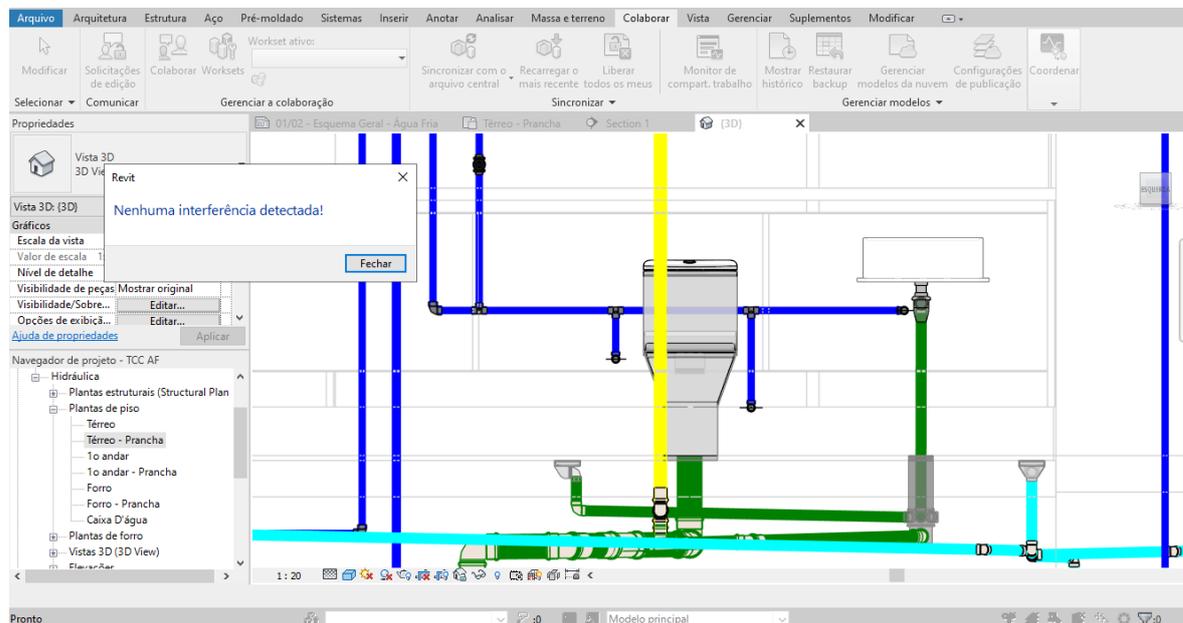
Fonte: Autor (2020)

Figura 39: Interferência detectada no banheiro



Fonte: Autor (2020)

Figura 40: Interferência no banheiro corrigida



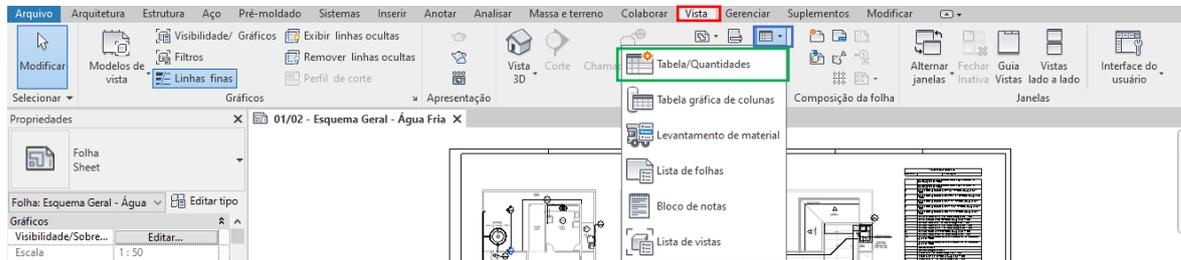
Fonte: Autor (2020)

4.4 Quantitativos

O procedimento de gerar os quantitativos de todo o sistema de instalações hidrossanitárias é bastante simplificado a partir do uso do *Revit*. Partindo do princípio do BIM 3D, onde todos os objetos são parametrizados e sabem o que correspondem, a filtragem de dados é simplificada e o programa gera essa listagem.

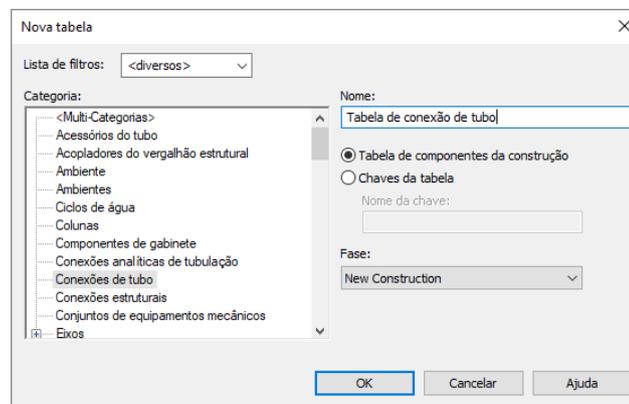
Para criar essa tabela podemos observar a Figura 41, na qual indo na aba Vista (vermelho), clicando em Tabela (azul) e depois em Tabela/Quantidades (verde), abre automaticamente uma nova aba (Figura 42). A partir disso foi escolhida a opção Conexões de tubo e posteriormente, para criação de outro quantitativo, Tubulação.

Figura 41: Processo de criação da tabela de quantidades



Fonte: Autor (2020)

Figura 42: Opções para criação de tabelas de quantidade



Fonte: Autor (2020)

O resultado final está na prancha dos projetos do Apêndice II e do Apêndice IV.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho alcançou os objetivos de elaborar um projeto hidrossanitário completo, com seus respectivos dimensionamentos, quantitativos e ao fazer o uso de um *software* que utiliza a metodologia BIM, assim como o uso do BIM 3D e parte do BIM 5D, referente ao quantitativo.

É importante destacar as facilidades impostas ao se utilizar essa metodologia e a integração entre os sistemas. O retrabalho é bastante evitado, principalmente quando se necessitou de alterações no projeto arquitetônico para que o hidrossanitário se encaixasse de uma forma melhor.

Outro ponto positivo, falando principalmente das soluções que competem ao sistema de instalações hidrossanitárias, é poder ter uma melhor visualização a partir da modelagem, conseguindo enxergar e traçar melhores rotas e detalhar mais a fundo pontos de possíveis dúvidas, deixando algo mais simples para se fazer uma execução eficaz, além de obter com facilidade a listagem de peças e quantidades. Em específico para o projeto de instalações prediais de esgoto sanitário, um dado super relevante como a inclinação das tubulações é prontamente extraído, o que na obra direciona para que não haja erros e causem interferências com outros dutos ou sistemas.

Apesar de todas as vantagens da utilização de ferramentas que integram a metodologia BIM, alguns fatores como prática e *templates* podem causar uma certa dificuldade no início da jornada do projetista. O primeiro se diz respeito às funcionalidades da ferramenta e agilidade na inserção de elementos e ligação do sistema, principalmente quando se trata do sistema de esgotamento sanitário, que as rotas automáticas podem deslocar elementos de lugar e até mesmo alterar inclinações sem o projetista desejar. O segundo fator é referente à quando não se tem um arquivo modelo com as informações necessárias e importantes, fazendo com que o profissional tenha que construir um do início (que será utilizado nos seguintes projetos), mas isso não foi um problema para este trabalho, visto que foi utilizado um *template* já existente (da Tigre), modificando somente quando se achou pertinente.

Isso tudo leva ao pensamento de que a implantação dessa metodologia não é feita de forma imediata, e sim de maneira pensada e com criações de fluxos de trabalho e capacitações, que são mencionadas nos guias da ABDI. Entretanto, é algo que se mostra importante e necessário para o desenvolvimento do setor da construção civil como um todo e quanto mais estudos e dimensões do BIM passarem a ser utilizadas, teremos mais eficiência, controle e melhor gestão de um empreendimento.

Para trabalhos futuros ficam as sugestões de trazer mais sistemas para se fazer o estudo e a modelagem, conseguindo analisar em uma escala maior todas as interferências que podem existir entre os projetos e suas respectivas soluções. Além de que com mais sistemas e geração de seus quantitativos se faz possível criar orçamentos mais detalhados do empreendimento e poder trabalhar com o BIM 4D, com cronograma de obra e planejamento de tempo. Também se faz pertinente o estudo e implementações de rotinas no Dynamo, para automatizar processos de modelagem e dimensionamento.

REFERÊNCIAS

ABDI. **GUIA 1 – Processo de Projeto BIM**. Brasília, DF: ABDI, 2017. Vol. 1; 82 p. ISBN 978-85-61323-43-1.

AMARAL, R. D. C; PINA, A. C. A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia. Nono Simpósio de Mecânica Computacional. Minas Gerais, 2010.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: A Guide**. Washington D.C., 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 9001: Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro. 2015.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente – Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro. 1993.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16636-2: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Parte 2: Projeto arquitetônico**. Rio de Janeiro. 2017.

AUTODESK. Produtos (Revit). Disponível em:

<<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>>. Acesso em 12 jan. 2020.

BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO JÚNIOR, G. A. **Instalações hidráulicas prediais utilizando tubos plásticos**. 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2014.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 4. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2015. 642 p. ISBN: 978-85-7346-049-0.

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

CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C.; MENDES JR., R.; SCHEER, S.; FREITAS, M. C. D. **Entendendo BIM**. Curitiba, PR, 2015. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro_entendendo_bim.pdf>. Acesso em 19 nov. 2020.

CARMONA, J.; IRWIN, K. BIM: Who, what, how and why. **Facilitiesnet**, 2007. Disponível em: <<http://www.facilitiesnet.com/software/article/BIM-Who-What-How-and-Why--7546>>. Acesso em 11 jan. 2020.

CARVALHO, R. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 7. ed. São Paulo: Blucher, 2013.

CATELANI, W. S. Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras. Volume 1, Fundamentos BIM. CBIC. Brasília, DF, 2016.

CAU/BR. Fantástico da TV Globo valoriza papel técnico e social do arquiteto. **CAU/BR**. Disponível em: <https://www.caubr.gov.br/fantastico-da-tv-globo-valoriza-papel-tecnico-e-social-do-arquiteto/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br>. Acesso em: 11 jan. 2020.

COSTA, E. N. **Avaliação da Metodologia BIM Para Compatibilização de Projetos**. 2013. 84f. 2013. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

DARÓS, J. V. Guia completo: BIM 10D construção industrializada. **Utilizando BIM**, 2019c. Disponível em: <<https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>>. Acesso em 20 nov. 2020.

DARÓS, J. V. Guia completo: BIM 8D segurança. **Utilizando BIM**, 2019a. Disponível em: <<https://utilizandobim.com/blog/bim-8d-seguranca/>>. Acesso em 20 nov. 2020.

DARÓS, J. V. Guia completo: BIM 9D lean construction. **Utilizando BIM**, 2019b. Disponível em: <<https://utilizandobim.com/blog/bim-9d-lean-construction/>>. Acesso em 20 nov. 2020.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FRANKLIN ELETRIC. **Tabela de seleção de bombas e motobombas**. 2019. Disponível em: <https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/264019/schneider_tabela_selecao_01-2019_rev08.pdf>. Acesso em 24 nov. 2020.

GNIPPER, S. F.; MIKALDO, J. **Patologias frequentes em Sistemas Prediais Hidráulico-Sanitários e de Gás Combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto** “. In: Anais do VII *Workshop* brasileiro de gestão do processo de projetos na construção de edifícios. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2007.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MATOS, C. R. de. **O uso do BIM na fiscalização de obras públicas**. 2016. xv, 116f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, 2016.

MORAES, L. R. S. et al. **Análise situacional do déficit em saneamento básico**. In: HELLER, L. et al. (Eds.). *Panorama do Saneamento Básico no Brasil*. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. v. 2p. 340.

PEREIRA, C. Dimensionamento de Caixa d’água. **Escola Engenharia**, 2014. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/dimensionamento-caixa-dagua/>>. Acesso em: 22 de novembro de 2020.

SEIL - PR. **BIM no Mundo - PORTAL BIM PARANÁ**. Disponível em:

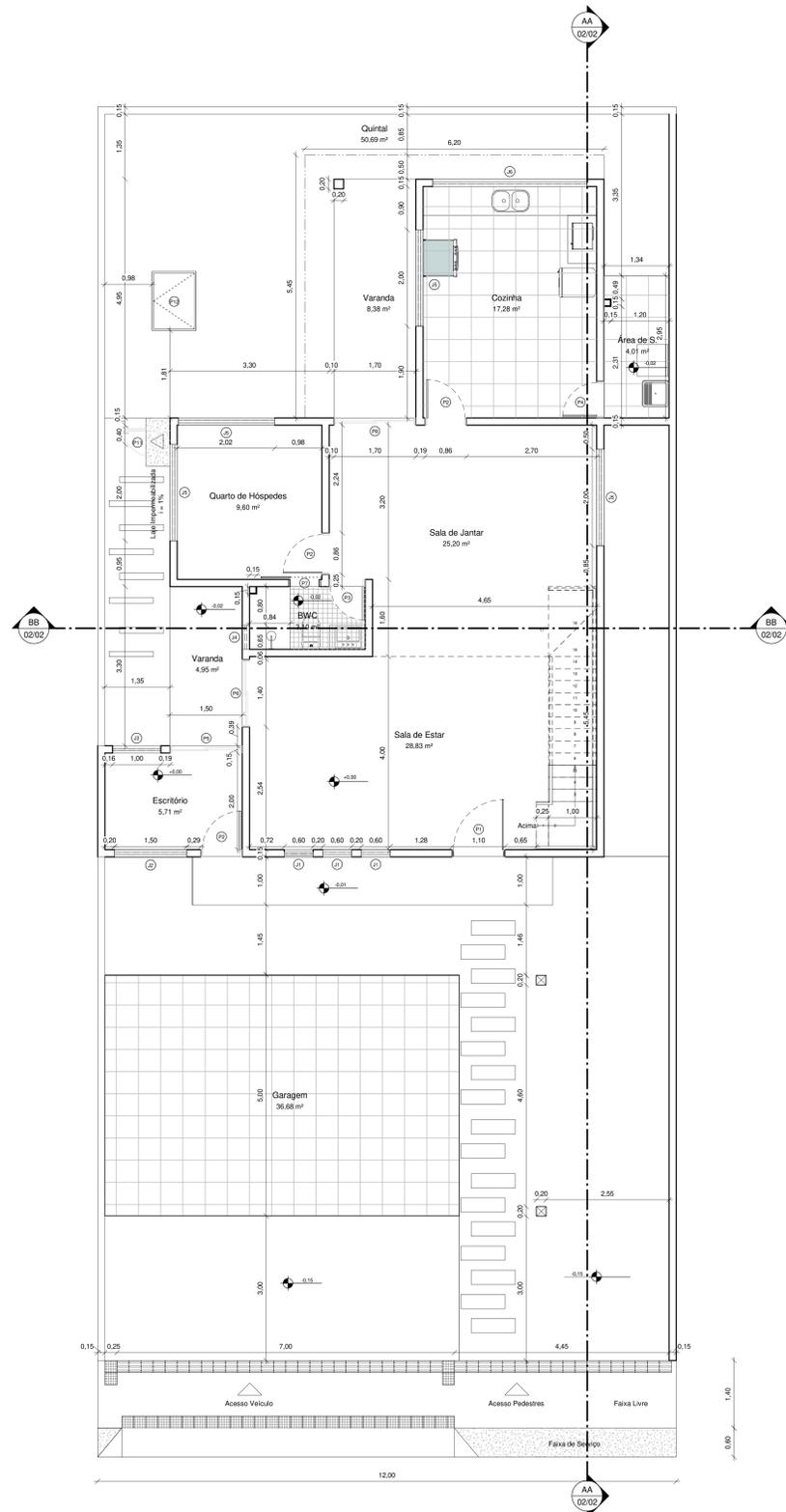
<<http://www.bim.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=17>>. Acesso em: 11 jan. 2020.

UNITED BIM. **What are BIM Dimensions – 3D, 4D, 5D, 6D, and 7D BIM Explained.**

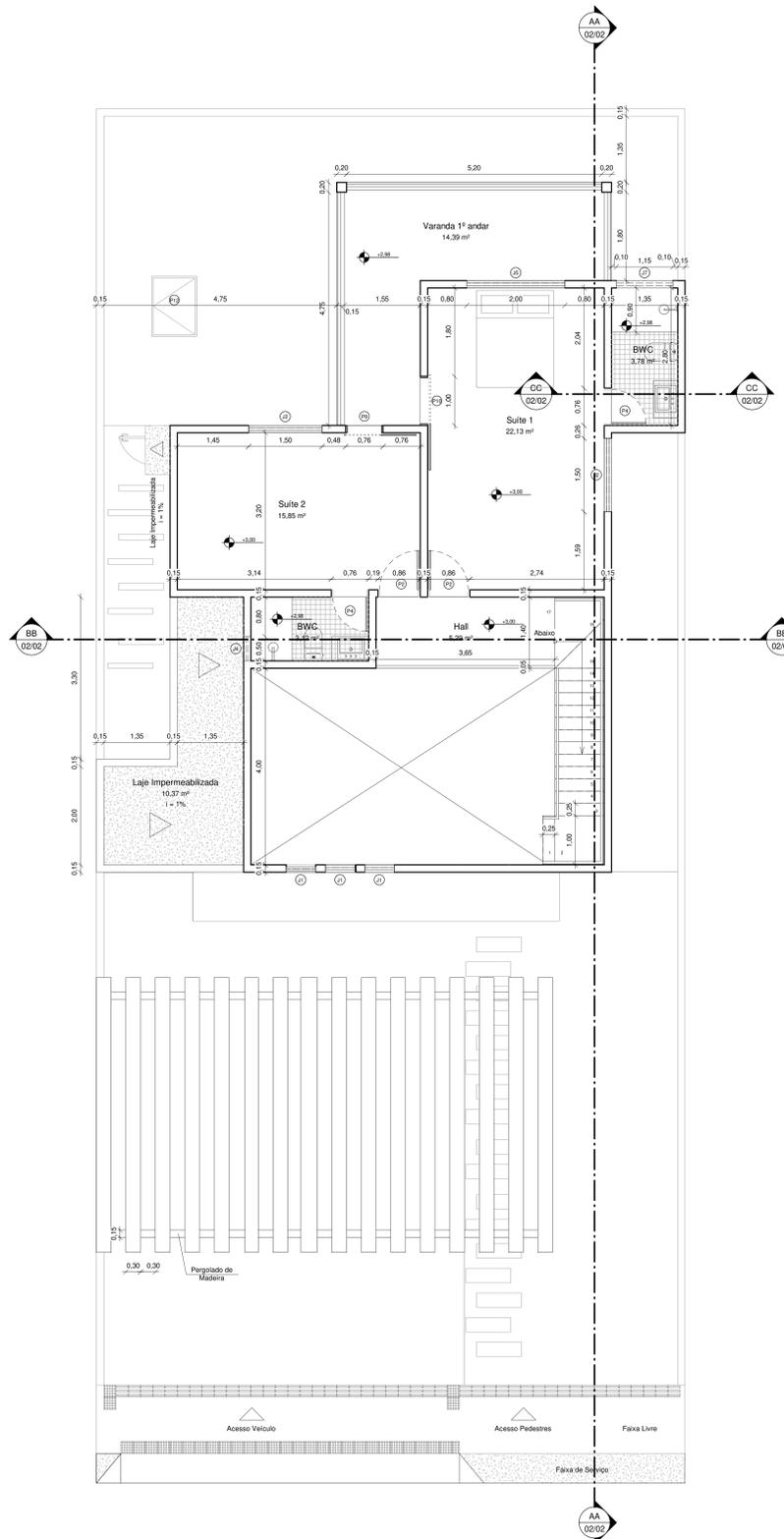
2019. Disponível em: <<https://www.united-bim.com/what-are-bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-7d-bim-explained-definition-benefits/>>. Acesso em 20 nov. 2020.

APÊNDICES

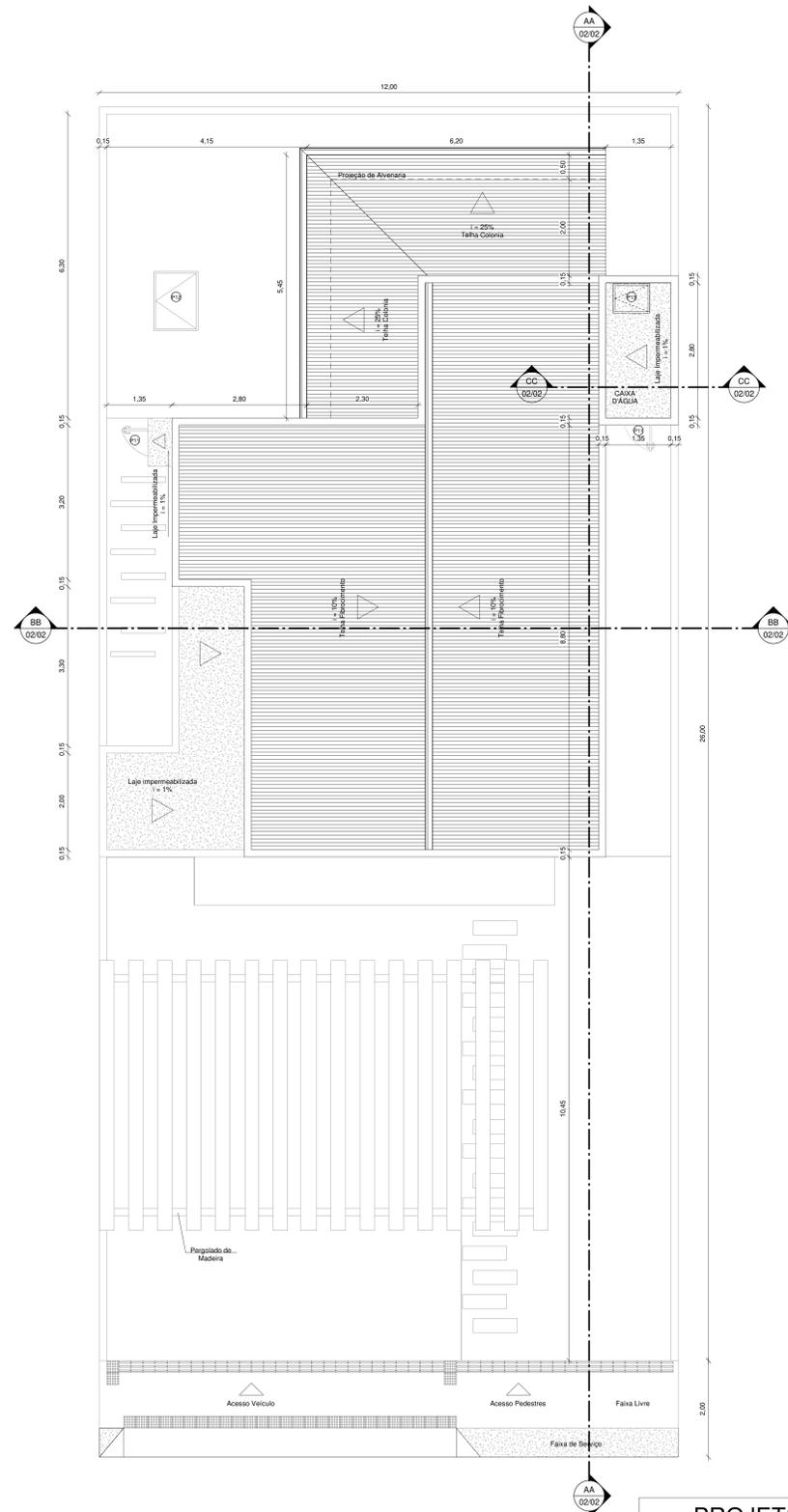
APÊNDICE I – PROJETO ARQUITETÔNICO



2 **TÉRREO - PRANCHA**
1 : 50



3 **1o Pavimento - PRANCHA**
1 : 50



1 **Coberta - PRANCHA**
1 : 50

QUADRO GERAL DE ÁREAS INTERNAS		
NOME	ÁREA	PERÍMETRO
TÉRREO	312,00 m²	748,10 m
BANHEIRO	3,78 m²	14,42 m
COZINHA	17,26 m²	34,52 m
ESCADARIA	1,70 m²	11,49 m
QUARTO DE HÓSPEDES	9,60 m²	24,28 m
SALA DE ESTAR	28,83 m²	52,41 m
SALA DE JANTAR	25,20 m²	45,70 m
SUÍTE 1	22,13 m²	41,22 m
SUÍTE 2	15,85 m²	32,20 m
SALA DE SERVIÇO	4,51 m²	9,87 m
SUÍTE 3	3,78 m²	8,26 m
SUÍTE 4	3,78 m²	8,26 m
SALA DE SERVIÇO	3,78 m²	8,26 m
SALA DE ESTAR	13,27 m²	24,41 m
SALA DE JANTAR	21,13 m²	33,49 m
SALA DE SERVIÇO	11,86 m²	22,50 m
SALA DE ESTAR	14,39 m²	28,20 m

QUANTITATIVO DE JANELAS				
COD.	QNT.	LARGURA	ALTURA	DESCRIÇÃO
J1	3	0,60 m	0,80 m	Janela de vidro, 2 folhas
J2	3	1,00 m	1,00 m	Janela de vidro, 2 folhas
J3	1	1,00 m	1,00 m	Janela de vidro, 2 folhas
J4	2	0,60 m	0,80 m	Janela de vidro, 2 folhas
J5	2	2,00 m	1,50 m	Janela de vidro, 2 folhas
J6	1	2,00 m	0,80 m	Janela de vidro, 2 folhas
J7	1	1,50 m	0,80 m	Janela de vidro, 2 folhas

QUANTITATIVO DE PORTAS			
COD.	QNT.	LARGURA	ALTURA
P1	1	1,00	2,10
P2	3	0,80	2,10
P3	2	0,70	2,10
P4	3	0,70	2,10
P5	1	1,50	2,10
P6	1	1,40	2,10
P7	1	0,80	2,10
P8	1	1,70	2,10
P9	1	0,70	2,10
P10	1	0,80	2,10
P11	2	0,60	0,80
P12	1	0,60	1,00
P13	2	0,60	0,80

PROJETO ARQUITETÔNICO

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA

CLIENTE: Trabalho de Conclusão de Curso

DESCRIÇÃO DO PROJETO/ ENDEREÇO:
Projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar

CONTEÚDO DA PRANCHA:
PLANTA BAIXA - ARQUITETÔNICA

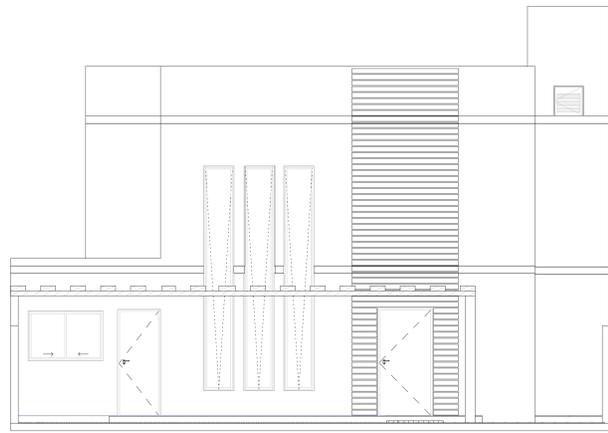
ESCALA	DATA	ÁREA DO TERRENO	ÁREA CONSTRUÍDA	DESENHISTAS
1/50	DEZ/2020	312,00m²	199,26m²	MATHEUS PONTES LIMA

RESPONSÁVEL PELO PROJETO

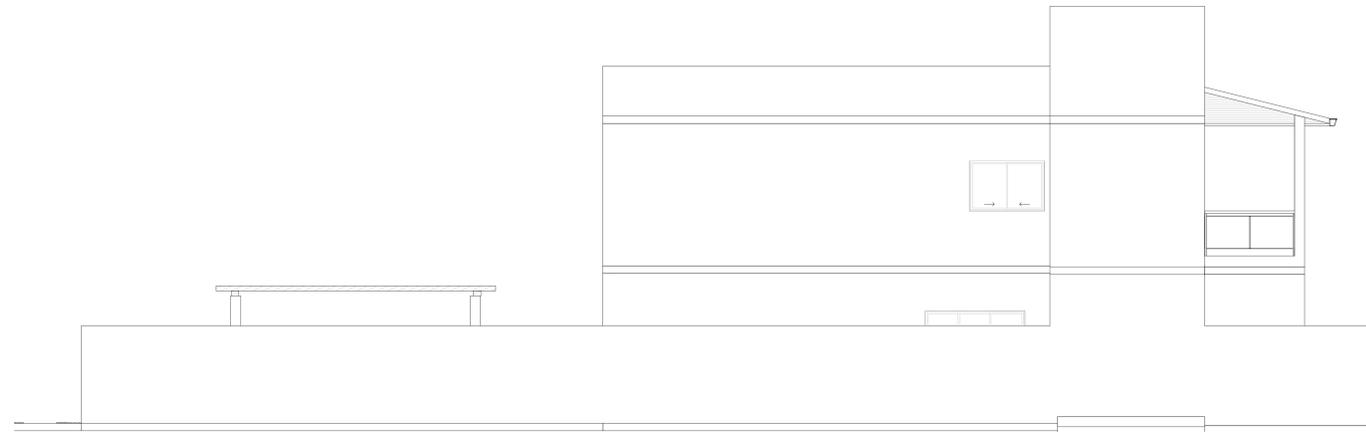
CONTRATANTE

RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO

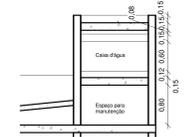
ARQ
01/02



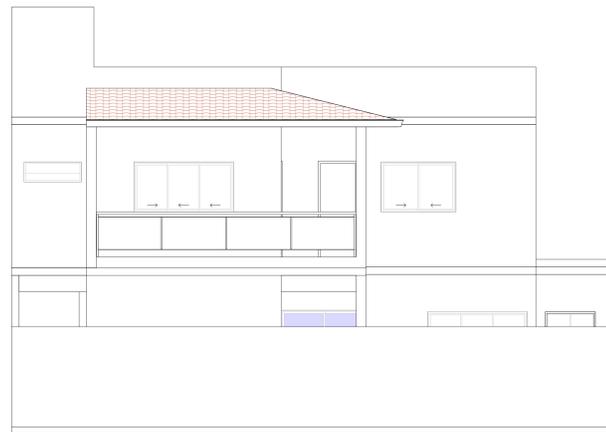
5 NORTE
1:50



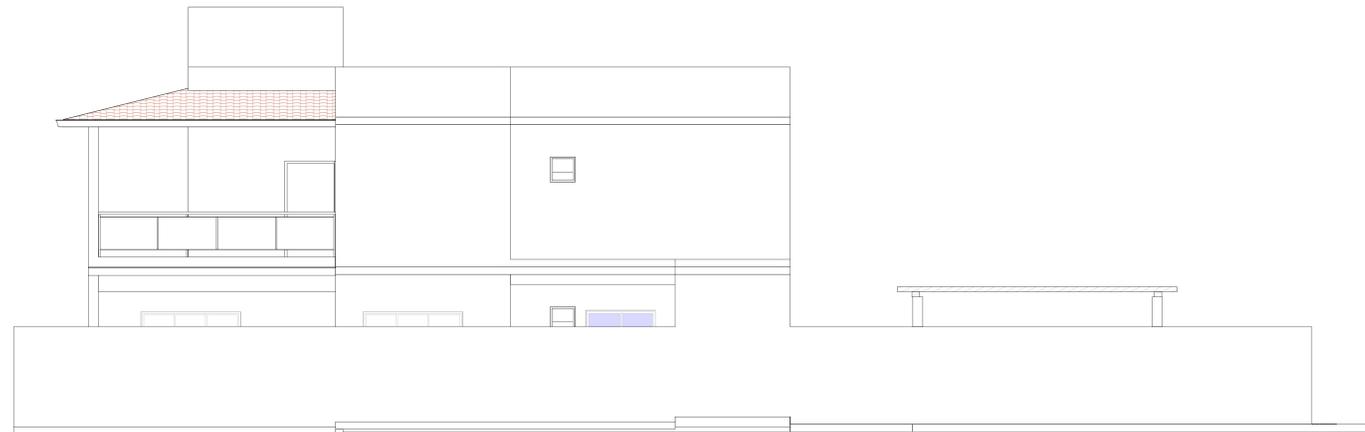
6 OESTE
1:50



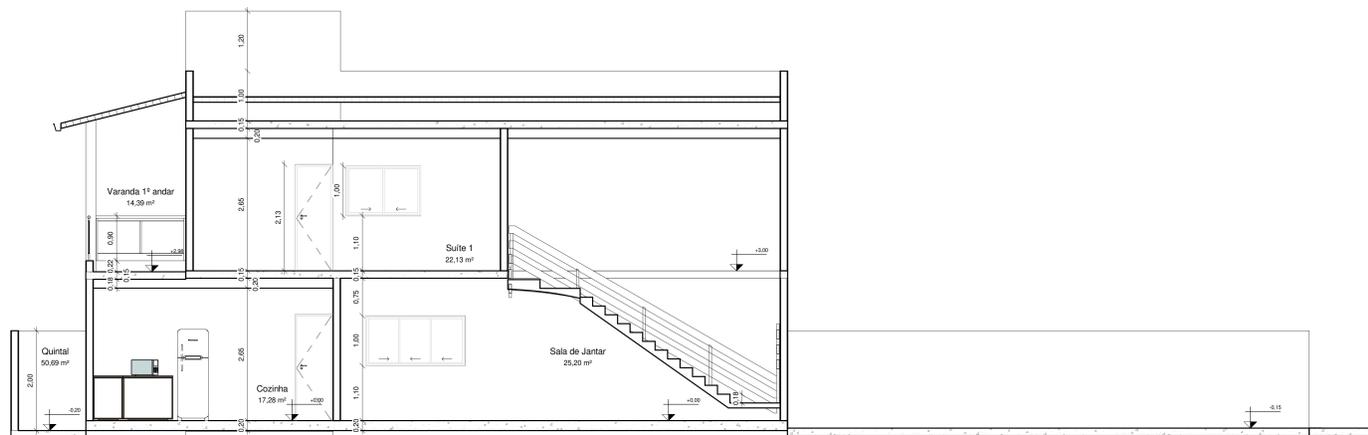
11 CC
1:50



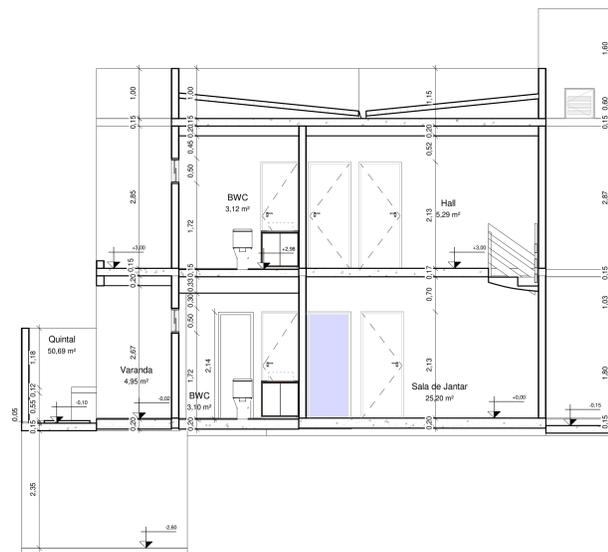
7 SUL
1:50



8 LESTE
1:50



9 AA
1:50



10 BB
1:50

PROJETO ARQUITETÔNICO

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA

CLIENTE: Trabalho de Conclusão de Curso

DESCRIÇÃO DO PROJETO/ ENDEREÇO:
Projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar

CONTEÚDO DA PRANCHA:
CORTES E FACHADAS

ESCALA	DATA	ÁREA DO TERRENO	ÁREA CONSTRUIDA	DESENHISTAS
1/50	DEZ/2020	312,00m²	199,26m²	MATHEUS PONTES LIMA

RESPONSÁVEL PELO PROJETO

CONTRATANTE

RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO

ARQ
02/02

APÊNDICE II – PROJETO HIDROSSANITÁRIO - ÁGUA FRIA

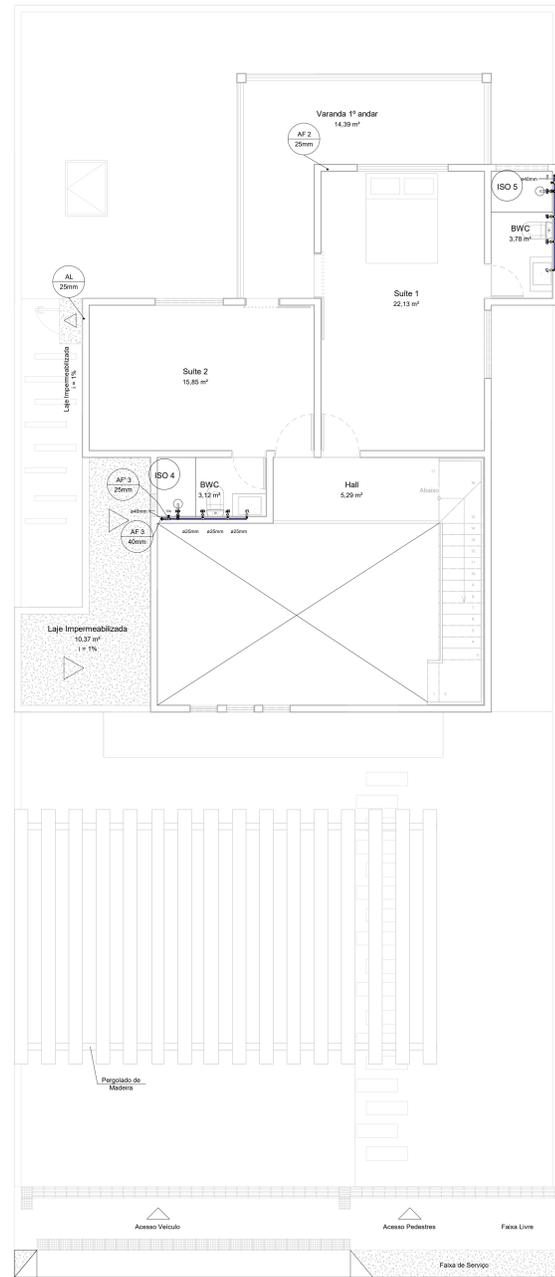
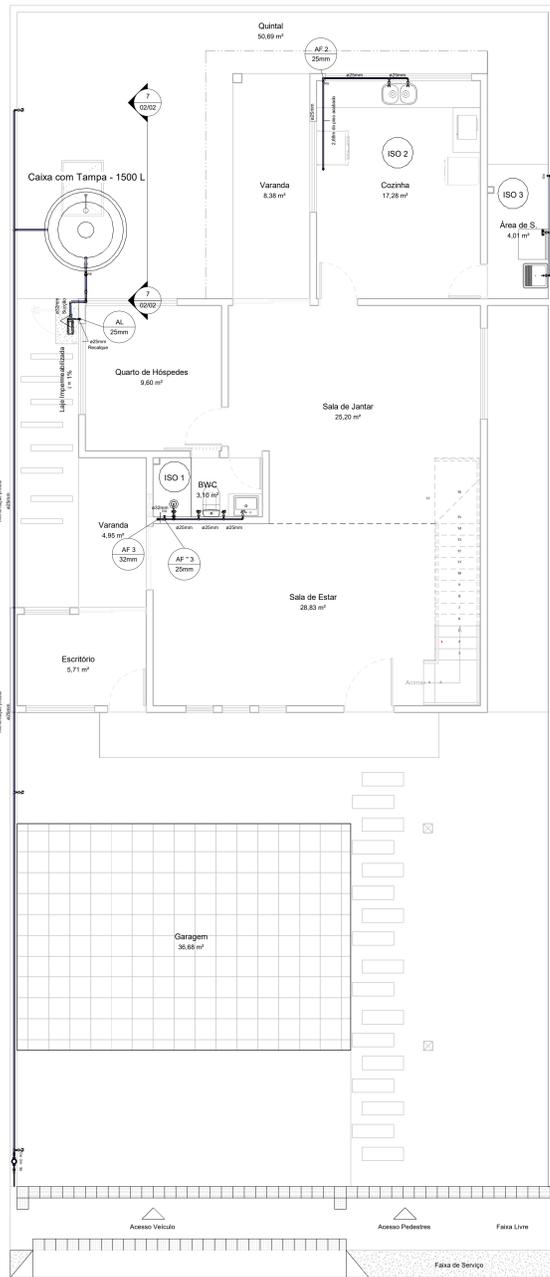


Tabela de conexão de tubo	
Contador	Tigre: Descrição
1	Adaptador Soldável com Anel para Caixa d'Água 25mm, PVC Branco, Água Fria - TIGRE
1	Adaptador Soldável com Anel para Caixa d'Água 32mm, PVC Branco, Água Fria - TIGRE
2	Bucha de Redução Roscável 1" x 3/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
1	Bucha de Redução Roscável 1.1/2" x 1", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
2	Bucha de Redução Roscável 1.1/2" x 1.1/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
2	Bucha de Redução Roscável 1.1/4" x 1", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
2	Bucha de Redução Roscável 1.1/4" x 3/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
1	Bucha de Redução Roscável 3/4" x 1/2", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
2	Joelho 45° Roscável 1.1/2", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
2	Joelho 45° Roscável 3/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
11	Joelho 90° Roscável 1", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
2	Joelho 90° Roscável 1.1/2", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
4	Joelho 90° Roscável 1.1/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
2	Joelho 90° Roscável 1/2", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
15	Joelho 90° Roscável 3/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
1	Joelho 90° Roscável com Bucha de Latão 3/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
13	Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 32 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
1	Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 32 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
2	Tê Roscável 1", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
2	Tê Roscável 1.1/2", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
2	Tê Roscável 1.1/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
10	Tê Roscável 3/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE
3	Tê Soldável com Bucha de Latão na Bolsa Central 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE
Total geral: 84	

Registros e Válvulas		
Qnt.	Diâmetro Nominal	Descrição
1		Adaptador Soldável com Anel para Caixa d'Água com Registro, PVC Branco, Água Fria - TIGRE
18	25,00 mme-25,00 mme	Adaptador Soldável Jet 30, 25mm, PVC Marrom - TIGRE
18	25,00 mme	Equipamentos Hidráulicos
1	32,00 mme	Equipamentos Hidráulicos
1	20,00 mme-20,00 mme	Hidrômetro residencial
1	20,00 mme-20,00 mme	Registro Esfera VS Soldável 20mm - TIGRE
2	32,00 mme-32,00 mme	Registro Esfera VS Soldável 32mm - TIGRE
1	50,00 mme-50,00 mme	Registro Esfera VS Soldável 50mm - TIGRE
1	32,00 mme-32,00 mme	Registro Gaveta Docol JET 30 Bruto 1" - TIGRE
4	25,00 mme-25,00 mme	Registro Gaveta Docol JET 30 Bruto 3/4" - TIGRE
4	25,00 mme-25,00 mme	Registro Pressão Docol JET 30 Bruto 3/4" - TIGRE
1	32,00 mme	Válvula de pé com Crivo Soldável 32mm - TIGRE

Legenda	
Legenda	Item
CD	Caixa de Distribuição
CG	Caixa de Gordura
CI	Caixa de Inspeção
CVD	Caixa do Vaso de Descarga
CS	Caixa Sifonada
CH	Chuveiro
AL	Coluna de Alimentação Água Fria
AF	Coluna de Distribuição Água Fria
TQ	Coluna de Quebra
REC	Coluna de Resaque
TV	Coluna de Ventilação
DF	Ducha Flexível
FP	Filtro de Parede
FS	Fossa Sêptica
HID	Hidrômetro
LV	Lavatório
MLR	Máquina de Lavar Roupas
PI	Pia
PA	Papo Alvoranta
RS	Ralo Sifonado
RE	Registro de Externa
RG	Registro de Gaveta
RP	Registro de Pressão
SC	Sifão Copo
T	Tanque
TJ	Torneira de Jardim
VI	Valas de Infiltração
VS	Vaso Sanitário

Tabela de tubos Sugestão		
Descrição	Tamanho	Comprimento
Tubo Roscável Branco	20,00 mme	0,98
Tubo Roscável Branco	25,00 mme	66,49
Tubo Roscável Branco	32,00 mme	16,41
Tubo Roscável Branco	40,00 mme	1,70
Tubo Roscável Branco	50,00 mme	16,22

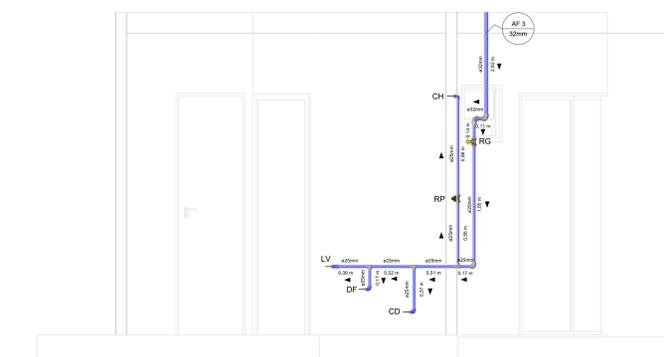
PROJETO HIDROSSANITÁRIO

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
CLIENTE: Trabalho de Conclusão de Curso		
DESCRIÇÃO DO PROJETO/ ENDEREÇO: Projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar		
CONTEÚDO DA PRANCHA: Esquema Geral - Água Fria		
ESCALA	DATA	ÁREA DO TERRENO
1:50	DEZ/2020	312,00m²
		ÁREA CONSTRUÍDA
		199,26m²
		DESENHISTAS
		MATHEUS PONTES LIMA
RESPONSÁVEL PELO PROJETO		
CONTRATANTE	RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	
		HID 01/02

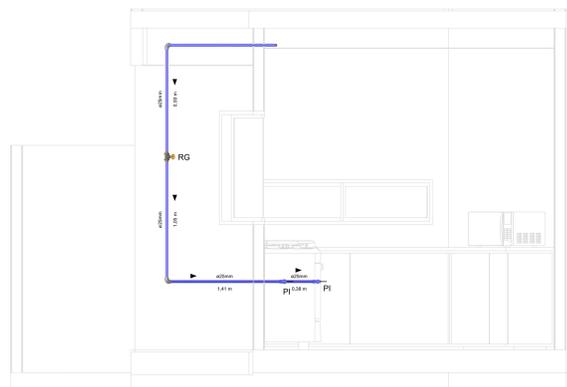
1 Térreo - Prancha 1:50

2 1o andar - Prancha 1:50

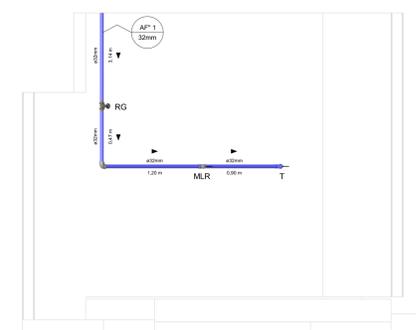
3 Forro - Prancha 1:50



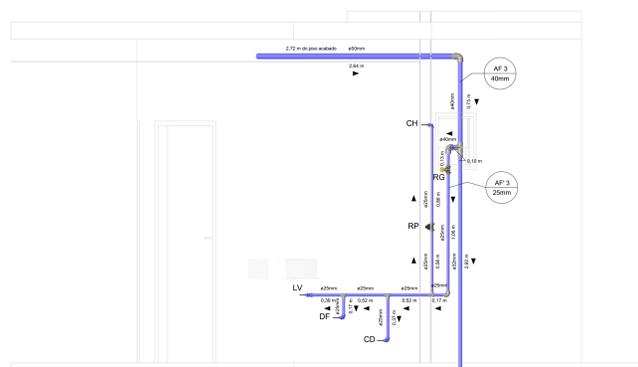
1 ISO 1



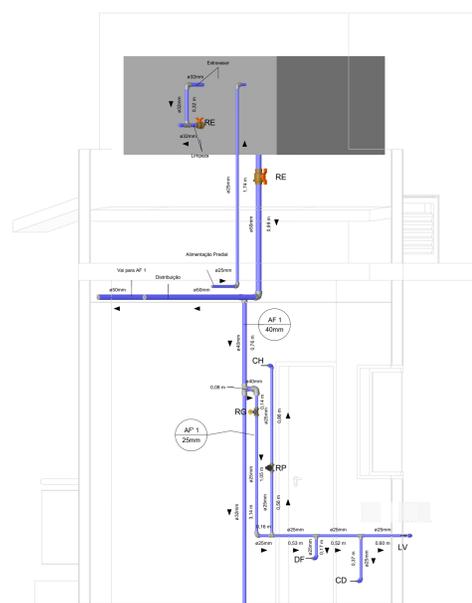
2 ISO 2



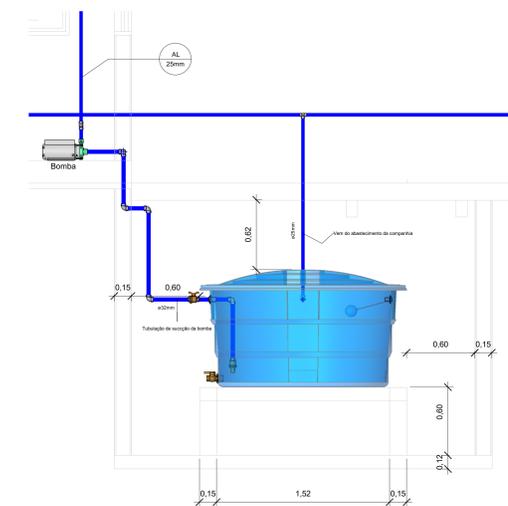
3 ISO 3



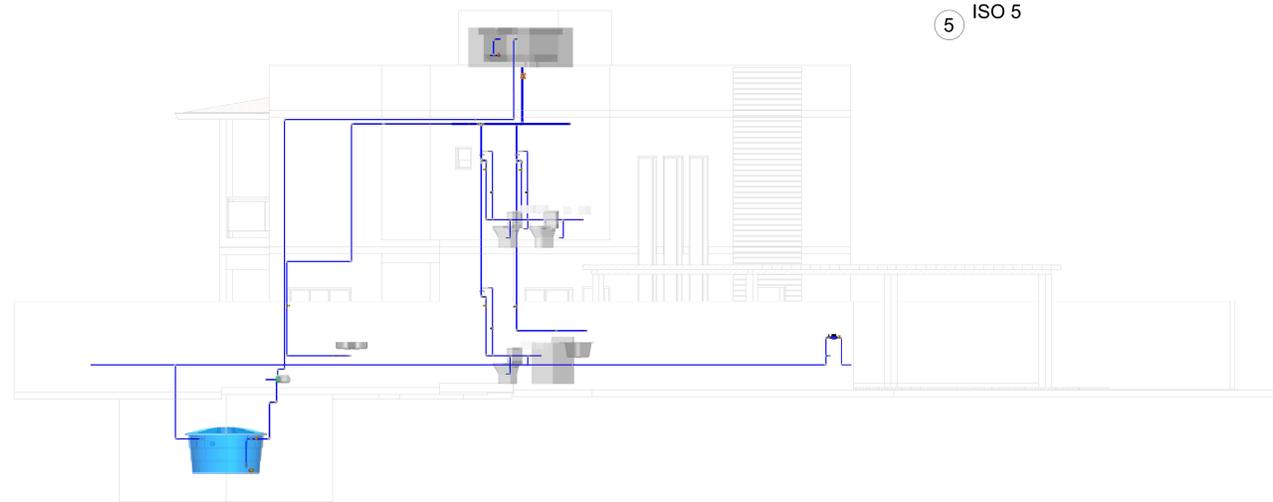
4 ISO 4



5 ISO 5



7 Detalhe Cisterna
1:20



6 ISO GERAL

PROJETO HIDROSSANITÁRIO

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA		
CLIENTE: Trabalho de Conclusão de Curso				
DESCRIÇÃO DO PROJETO/ ENDEREÇO: Projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar				
CONTEÚDO DA FRANCHA: Detalhamentos e Isométricos				
ESCALA	DATA	ÁREA DO TERRENO	ÁREA CONSTRUÍDA	DESENHISTAS
1:20	DEZ/2020	312,00m²	199,26m²	MATHEUS PONTES LIMA
RESPONSÁVEL PELO PROJETO				
CONTRATANTE		RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO		
		HID 02/02		

APÊNDICE III – DIMENSIONAMENTO ÁGUA FRIA

1									
2	Legenda	Dados gerais		Cálculo da bomba		Prédio		Consumos (litros)	
3	Entrada do usuário	Tipo de prédio	Residências	Bomba Escolhida	1/4 cv	Alojamentos provisórios	80	per capita	
4	Fórmula	Quantidade para consumo	7	Diâmetro de recalque (mm)	10,03	Casas populares ou rurais	120	per capita	
5	Dado do ábaco	Reserva de Incêndio	Não	Vazão de recalque (m³/s)	0,0002917	Residências	150	per capita	
6		Volume de incêndio	0	Horas de uso	1	Apartamentos	200	per capita	
7				Diâmetro de recalque adotado (mm)	25	Hotéis (s/cozinha e s/ lavanderia)	120	por hóspede	
8		Cálculos gerais		Diâmetro de sucção (mm)	32	Hospitais	250	por leito	
9		Consumo (Cd)	1050	Potência da bomba (cv)	0,0871	Escolas - internatos	150	per capita	
10		Volume armazenado Total (L)	2100	Altura manométrica total (m)	11,20	Escolas - externatos	50	per capita	
11		Reservatório inferior (L)	1260	Rendimento estimado da bomba	50%	Quartéis	150	per capita	
12		Reservatório superior (L)	840	Altura manométrica sucção (m)	1,60	Edifícios públicos ou comerciais	50	per capita	
13				Altura estática de sucção (m)	1,5	Escritórios	50	per capita	
14		Alimentador predial		Perda de carga na sucção	0,0776	Cinemas e teatros	2	por lugar	
15		Vazão (m³/s)	1,21528E-05	Comprimento total (m)	31,04	Templos	2	por lugar	
16		Velocidade (Entre 0,6 e 1 m/s)	0,6	Comprimento real (m)	3,14	Restaurantes e similares	25	por refeição	
17		Diâmetro (mm)	5,078	Comprimento equivalente (m)	27,90	Garagens	50	por automóvel	
18		Diâmetro adotado DN (mm)	25	Altura da velocidade	0,018	Lavanderias	30	por kg de roupa seca	
19				Velocidade	0,60	Mercados	5	por m² de área	
20				Altura manométrica recalque (m)	9,60	Matadouros - animais de grande porte	300	por cabeça abatida	
21				Altura estática de recalque (m)	7,39	Matadouros - animais de pequeno porte	150	por cabeça abatida	
22				Perda de carga recalque	2,21	Fábricas em geral (uso pessoal)	70	por operários	
23				Comprimento total (m)	26,00	Postos de serviço p/automóvel	150	por veículo	
24				Comprimento real (m)	17,10	Cavaliariças	100	por cavalo	
25				Comprimento equivalente (m)	8,90	Jardins	1,5	por m²	
26									
27									
28									
29									

Dados - Início

Dimensionamento Ramais

Dimensionamento - Colunas

Tabela - Vazão nos pontos

Tabela - Perda de carga conexão

...

+

:

◀

APÊNDICE III – DIMENSIONAMENTO ÁGUA FRIA (CONTINUAÇÃO)

	Tipo de Tubo	Trecho	Soma dos pesos	Vazão	DN	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga unitária (kPa/m)	L Real (m)	L Equivalente (m)	Perda de Carga Tubulação	Perda de Carga Localizada	Perda de Carga Total	Diferença de Cota (m)	Pressão disponível (kPa)	Pressão Disponível Residual	Ponto de utilização	Pressão mínima condicional
9																		
10	Liso	AF 1 (BASE)	1,1	0,315	25	21,6	0,859	0,527	1,190	1,800	0,627	0,948	1,575	1,300	30,23	28,65	Ramal ou coluna	5
11	Liso	CH-DF-CD-LV	1,1	0,315	25	21,6	0,859	0,527	0,160	0,900	0,084	0,474	0,558	0,00	28,65	28,10	Ramal ou coluna	5
12	Liso	Sub-ramal CH	-	0,100	25	21,6	0,273	0,071	1,420	19,600	0,101	1,389	1,489	-1,50	13,10	11,61	Sub-ramal	10
13	Liso	DF-CD-LV	1	0,300	25	21,6	0,819	0,485	0,530	0,900	0,257	0,436	0,693	0,00	28,10	27,40	Ramal ou coluna	5
14	Liso	Sub-ramal DF	-	0,200	25	21,6	0,546	0,238	0,170	4,600	0,041	1,096	1,137	0,20	29,40	28,27	Sub-ramal	10
15	Liso	CD-LV	0,6	0,232	25	21,6	0,634	0,310	0,520	0,900	0,161	0,279	0,440	0,00	27,40	26,96	Ramal ou coluna	5
16	Liso	Sub-ramal CD	-	0,150	25	21,6	0,409	0,144	0,370	4,600	0,053	0,663	0,716	0,40	30,96	30,25	CD	5
17	Liso	Sub-ramal LV	-	0,150	25	21,6	0,409	0,144	0,670	1,500	0,097	0,216	0,313	0,00	26,96	26,65	Sub-ramal	10
18	Liso	AF 1 (BASE)	1,7	0,391	32	27,8	0,644	0,232	3,610	2,400	0,839	0,558	1,397	3,74	55,18	53,78	Ramal ou coluna	5
19	Liso	MLR - T	1,7	0,391	32	27,8	0,644	0,232	1,200	1,500	0,279	0,349	0,628	0,00	53,78	53,15	Ramal ou coluna	5
20	Liso	Sub-ramal MLR	-	0,300	32	27,8	0,494	0,146	0,000	4,600	0,000	0,672	0,672	0,00	53,15	52,48	Sub-ramal	10
21	Liso	Sub-ramal T	-	0,250	32	27,8	0,412	0,106	0,900	2,000	0,096	0,212	0,308	0,00	53,15	52,84	Sub-ramal	10
22	Liso	AF 2 (BASE)	1,4	0,355	25	21,6	0,969	0,650	6,970	4,800	4,533	3,122	7,655	5,10	59,94	52,28	Ramal ou coluna	5
23	Liso	PI - PI	1,4	0,355	25	21,6	0,969	0,650	1,410	2,400	0,917	1,561	2,478	0,00	52,28	49,80	Ramal ou coluna	5
24	Liso	Sub-ramal PI	-	0,250	25	21,6	0,682	0,352	0,000	3,100	0,000	1,092	1,092	0,00	49,80	48,71	Sub-ramal	10
25	Liso	Sub-ramal PI	-	0,250	25	21,6	0,682	0,352	0,380	1,500	0,134	0,528	0,662	0,00	49,80	49,14	Sub-ramal	10
26	Liso	AF 3 (BASE)	1,1	0,315	25	21,6	0,859	0,527	1,200	1,800	0,632	0,948	1,580	1,30	30,41	28,83	Ramal ou coluna	5
27	Liso	CH-CD-DF-LV	1,1	0,315	25	21,6	0,859	0,527	0,170	0,900	0,090	0,474	0,564	0,00	28,83	28,27	Ramal ou coluna	5
28	Liso	Sub-ramal CH	-	0,100	25	21,6	0,273	0,071	1,420	19,600	0,101	1,389	1,489	-1,50	13,27	11,78	Sub-ramal	10
29	Liso	CD-DF-LV	1	0,300	25	21,6	0,819	0,485	0,520	0,900	0,252	0,436	0,688	0,00	28,27	27,58	Ramal ou coluna	5
30	Liso	Sub-ramal CD	-	0,150	25	21,6	0,409	0,144	0,370	4,600	0,053	0,663	0,716	0,40	31,58	30,86	CD	5
31	Liso	DF-LV	0,7	0,251	25	21,6	0,685	0,355	0,520	0,900	0,184	0,319	0,504	0,00	27,58	27,07	Ramal ou coluna	5
32	Liso	Sub-ramal DF	-	0,200	25	21,6	0,546	0,238	0,170	4,600	0,041	1,096	1,137	0,20	29,07	27,94	Sub-ramal	10
33	Liso	Sub-ramal LV	-	0,150	25	21,6	0,409	0,144	0,450	1,500	0,065	0,216	0,281	0,00	27,07	26,79	Sub-ramal	10
34	Liso	AF 3 (BASE)	1,1	0,315	25	21,6	0,859	0,527	1,200	1,800	0,632	0,948	1,580	1,30	59,84	58,26	Ramal ou coluna	5
35	Liso	CH-CD-DF-LV	1,1	0,315	25	21,6	0,859	0,527	0,170	0,900	0,090	0,474	0,564	0,00	58,26	57,70	Ramal ou coluna	5
36	Liso	Sub-ramal CH	-	0,100	25	21,6	0,273	0,071	1,420	19,600	0,101	1,389	1,489	-1,50	42,70	41,21	Sub-ramal	10
37	Liso	CD-DF-LV	1	0,300	25	21,6	0,819	0,485	0,510	0,900	0,247	0,436	0,683	0,00	57,70	57,02	Ramal ou coluna	5
38	Liso	Sub-ramal CD	-	0,150	25	21,6	0,409	0,144	0,370	4,600	0,053	0,663	0,716	0,40	61,02	60,30	CD	5
39	Liso	DF-LV	0,7	0,251	25	21,6	0,685	0,355	0,520	0,900	0,184	0,319	0,504	0,00	57,02	56,51	Ramal ou coluna	5
40	Liso	Sub-ramal DF	-	0,200	25	21,6	0,546	0,238	0,170	4,600	0,041	1,096	1,137	0,20	58,51	57,38	Sub-ramal	10
41	Liso	Sub-ramal LV	-	0,150	25	21,6	0,409	0,144	0,460	1,500	0,066	0,216	0,282	0,00	56,51	56,23	Sub-ramal	10
42																		
43																		
44																		

Dados - Início

Dimensionamento Ramais

Dimensionamento - Colunas

Tabela - Vazão nos pontos

Tabela - Perda de carga conexão

... (+)

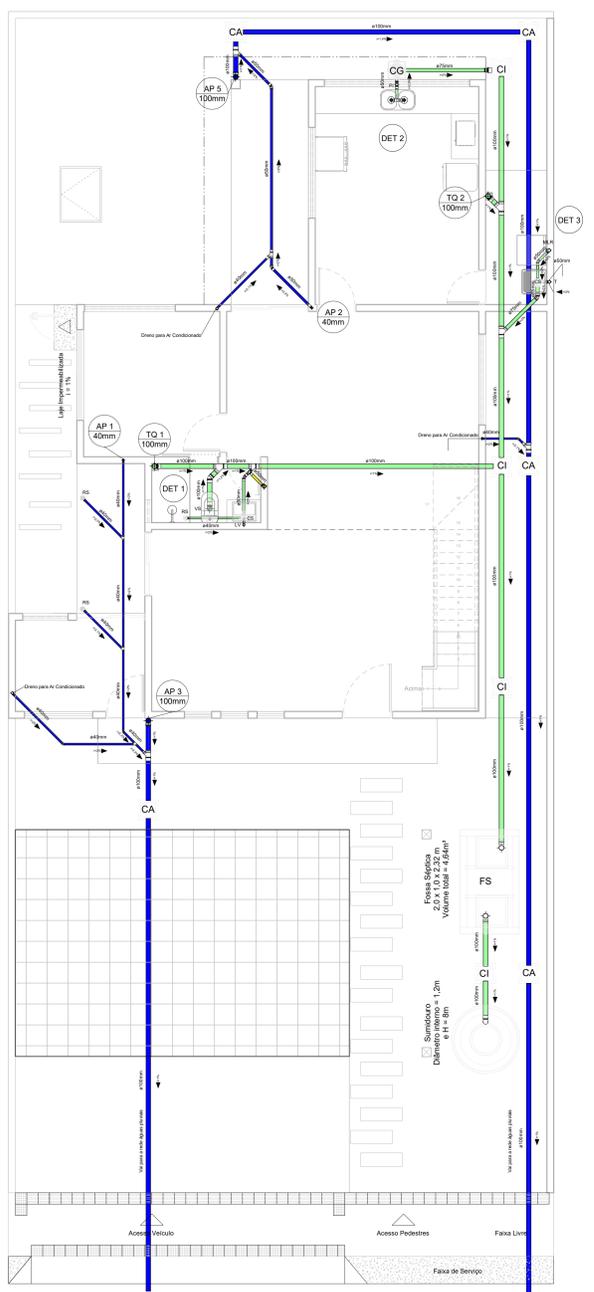
APÊNDICE III – DIMENSIONAMENTO ÁGUA FRIA (CONTINUAÇÃO)

1	LEGENDA				Altura Nível D'água Reservatório (m)	0,6	Legenda				Legenda						
2	AF	COLUNA DE ÁGUA FRIA					Entrada do usuário				Velocidade <3m/s						
3	BA	BARRILETE					Fórmula				Pressão residual conforme						
4	RS	RESERVATÓRIO SUPERIOR					Dado do âbaco				Pressão residual não conforme						
5							Colunas de AF										
6																	
7																	
8																	
9	Tipo de Tubo	Coluna	Trecho	Soma dos pesos	Vazão	DN	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga unitária (kPa/m)	L Real (m)	L Equivalente (m)	Perda de Carga Tubulação	Perda de Carga Localizada	Perda de Carga Total	Diferença de Cota (m)	Pressão disponível (kPa)	Pressão Disponível Residual
10	Liso	-	RS - BA	6,4	0,759	50	44	0,499	0,084	1,86	13,3	0,156	1,114	1,270	1,250	12,500	11,230
11	Liso	AF 1	BA - AF 1	2,8	0,502	50	44	0,330	0,041	2,44	5,7	0,099	0,232	0,331	0,000	11,230	10,900
12	Liso	AF 1	AF 1 - Tê (AF' e '' 1)	2,8	0,502	40	35,2	0,516	0,117	0,760	5,400	0,089	0,633	0,722	0,760	18,500	17,777
13	Liso	AF' 1 (TOPO)	AF 1 - AF' 1	1,1	0,315	40	35,2	0,323	0,052	0,100	10,500	0,005	0,544	0,549	0,000	17,777	17,228
14	Liso	-	BA - Tê para as AF 2 e 3	3,6	0,569	50	44	0,374	0,051	0,230	4,600	0,012	0,233	0,245	0,000	11,230	10,986
15	Liso	AF 2 (TOPO)	BA - AF 2	1,4	0,355	32	27,8	0,585	0,196	3,840	6,600	0,753	1,295	2,048	0,000	10,986	8,938
16	Liso	AF 3 (TOPO)	BA - AF 3	2,2	0,445	50	44	0,293	0,033	10,860	2,600	0,357	0,086	0,443	0,000	10,986	10,543
17	Liso	AF 3	AF 3 - Tê (AF' e '' 3)	2,2	0,445	40	35,2	0,457	0,095	0,750	5,400	0,071	0,513	0,584	0,800	18,543	17,959
18	Liso	AF' 3 (TOPO)	AF 3 - AF' 3	1,1	0,315	40	35,2	0,323	0,052	0,100	10,500	0,005	0,544	0,549	0,000	17,959	17,410
19	Liso	AF'' 3 (TOPO)	AF 3 - AF'' 3	1,1	0,315	32	27,8	0,518	0,159	3,030	4,000	0,481	0,635	1,117	3,000	47,959	46,842
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	

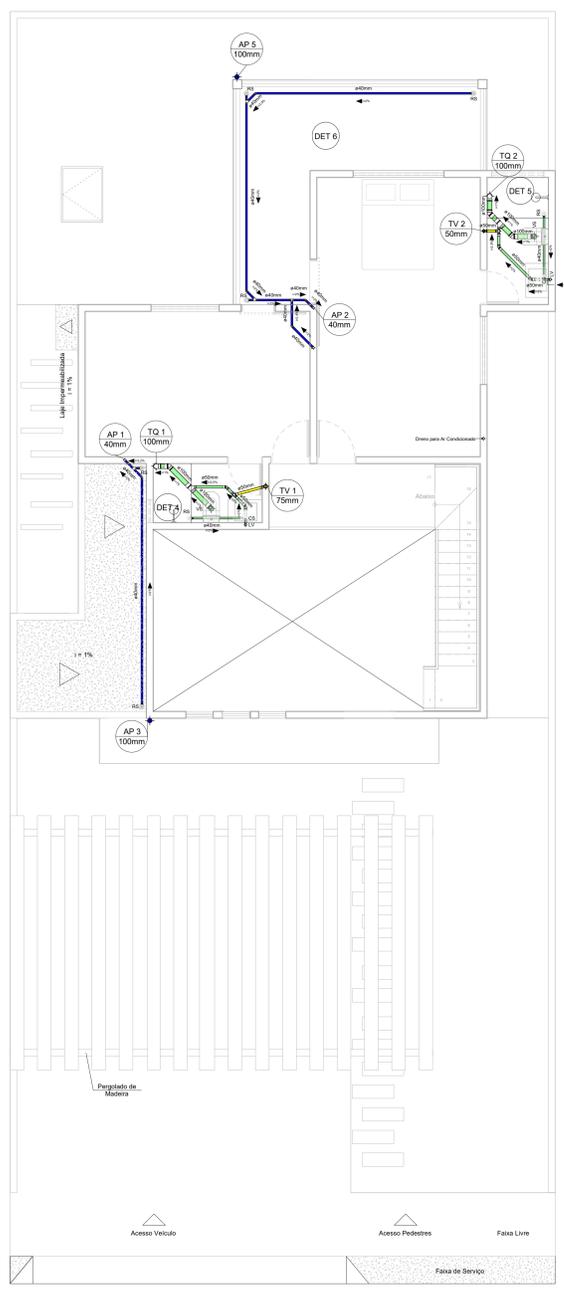
APÊNDICE IV – PROJETO HIDROSSANITÁRIO – ESGOTO E PLUVIAL

Tubulação - Esgoto		
Diâmetro Nominal	Comprimento	Descrição
40,00 mm	53,50 m	Tubo Série Normal
50,00 mm	20,74 m	Tubo Série Normal
75,00 mm	9,59 m	Tubo Série Normal
100,00 mm	98,50 m	Tubo Série Normal

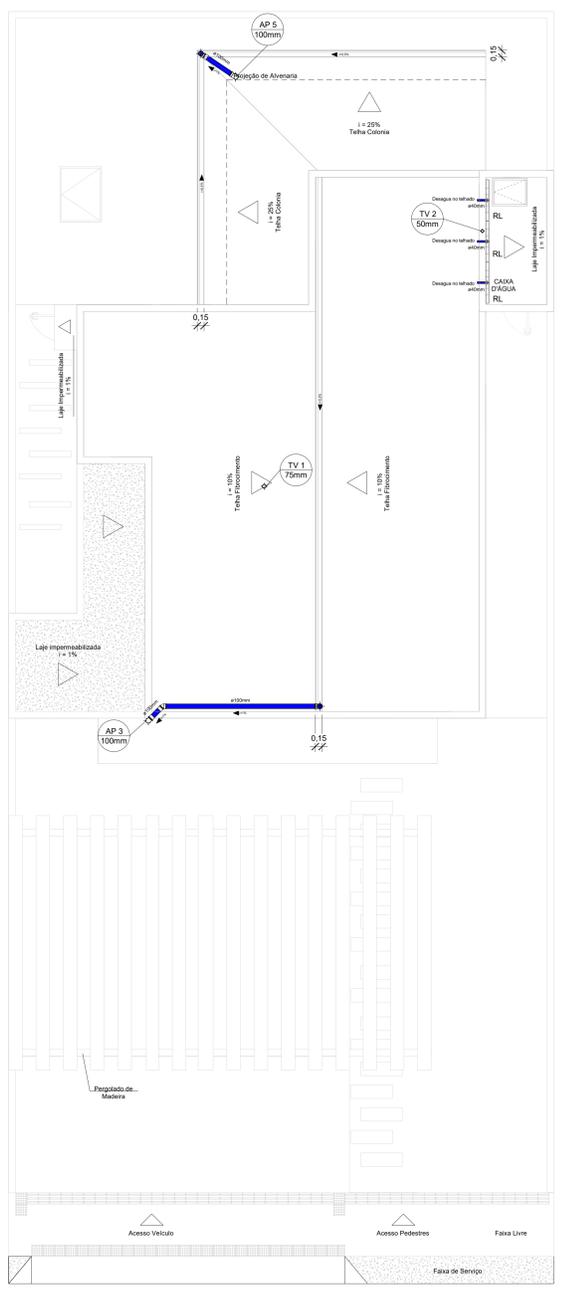
	Sanitário
	Ventilação
	Águas Pluviais



1 Térreo - Prancha
1 : 50



2 1o pavimento - Prancha
1 : 50



3 Coberta - Prancha
1 : 50

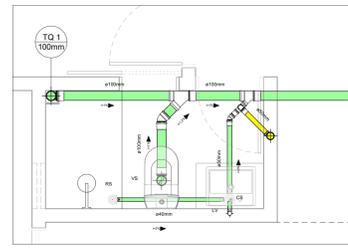
Contador	Tigre	Descrição
4	Bucha de Redução Longa 50x40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
2	Curva 90° Curta 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
8	Joelho 45° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
8	Joelho 45° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
1	Joelho 45° 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
5	Joelho 45° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
31	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
13	Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
12	Joelho 90° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
6	Junção Simples 40 x 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
1	Junção Simples 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
6	Junção Simples 100 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
1	Junção Simples 100 x 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
2	Junção Simples 100 x 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
25	Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
3	Luva Simples 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
31	Luva Simples 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
1	Redução Excêntrica 75x50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
1	Redução Excêntrica 100x75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
1	Terminal de Ventilação 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
1	Terminal de Ventilação 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
1	Tê 40 x 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
4	Tê 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
1	Tê 75 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
2	Tê 100 x 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	
Total geral: 171		

Caixas e Ralos		
Quantidade	Tigre: Sistema	Tigre: Descrição
4	Pluvial	Caixa de areia - DN 100, Esgoto - TIGRE
1	Esgoto	Caixa de Gordura 100x75x50mm, Esgoto - TIGRE
14	Esgoto	Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE
3	Esgoto	Caixa Sifonada Girafácil Montada com Grelha e porta-grelha quadrados brancos 100x140x50mm, Esgoto - TIGRE
1	Esgoto	Caixa Sifonada Girafácil Montada com Grelha e porta-grelha quadrados brancos 150x170x75mm, Esgoto - TIGRE
10	Esgoto	Porta Grelha Redondo Prata 100mm, Esgoto - TIGRE
13	Esgoto	Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE
1	Esgoto	Prolongamento p/ Caixa Sifonada 100 x 100mm, Esgoto - TIGRE
1	Esgoto	Prolongamento p/ Caixa Sifonada 150 x 150mm, Esgoto - TIGRE
10	Esgoto	Ralo com Saída Articulado - Porta grelha prata e grelha inox redondos 100 x 40mm, Esgoto - TIGRE

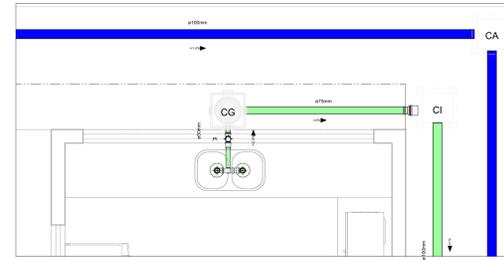
PROJETO HIDROSSANITÁRIO

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
CLIENTE: Trabalho de Conclusão de Curso		
DESCRIÇÃO DO PROJETO/ ENDEREÇO: Projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar		
CONTEÚDO DA PRANCHA: Esquema geral - Esgoto		
ESCALA	DATA	ÁREA DO TERRENO
Como indicado	DEZ/2020	312,00m²
		ÁREA CONSTRUÍDA
		199,26m²
		DESENHISTAS
		MATHEUS PONTES LIMA
RESPONSÁVEL PELO PROJETO		
CONTRATANTE	RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	
		HID 01/02

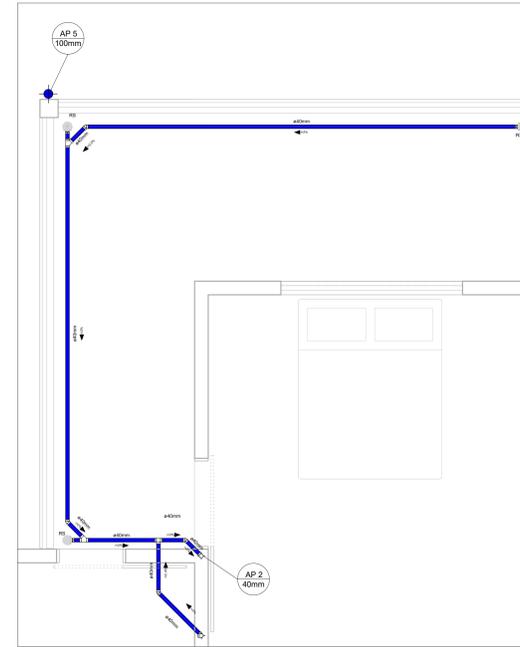
	Sanitário
	Ventilação
	Águas Pluviais



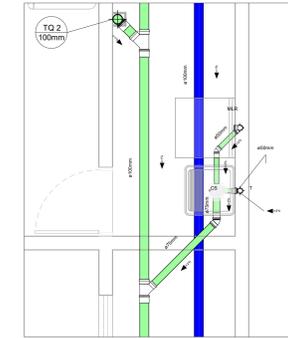
4 Térreo - DET 1
1 : 25



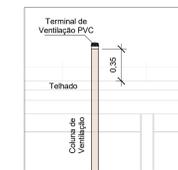
5 Térreo - DET 2
1 : 25



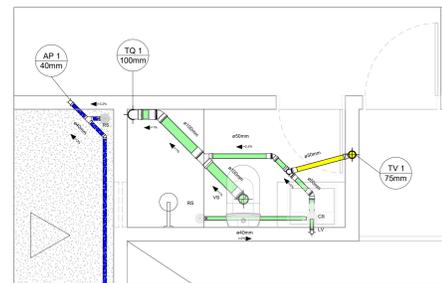
9 1o pavimento - DET 6
1 : 25



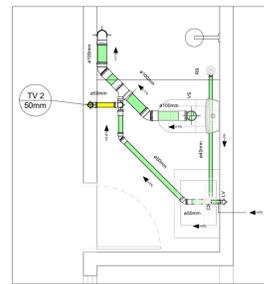
6 Térreo - DET 3
1 : 25



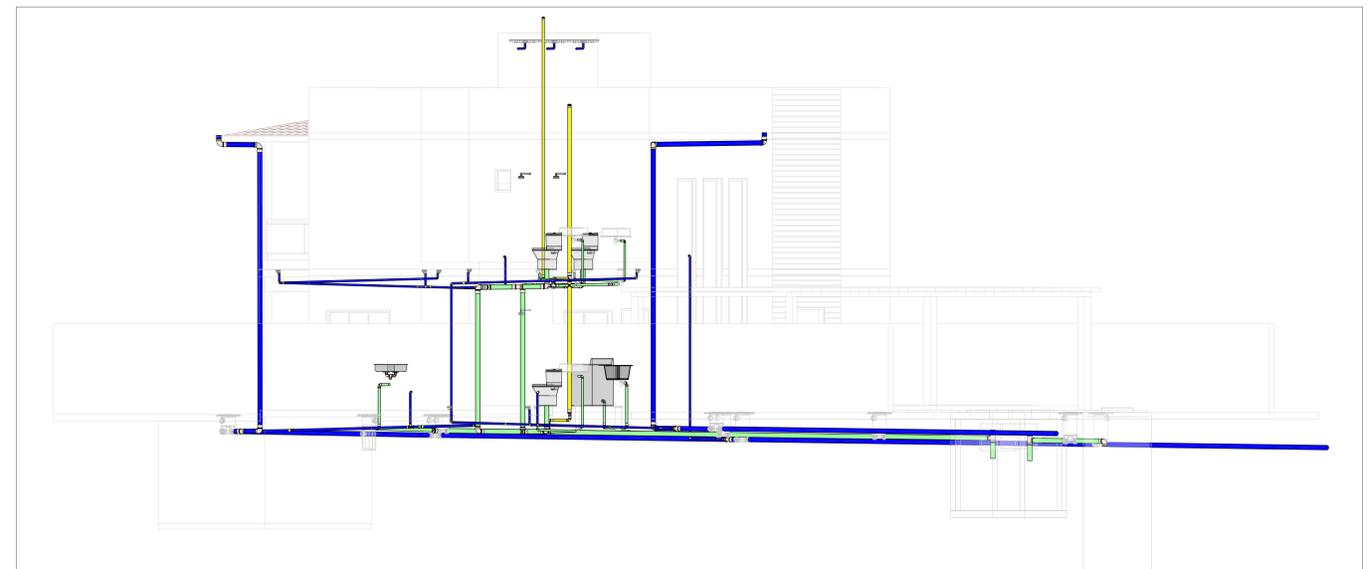
10 DET Ventilação
1 : 25



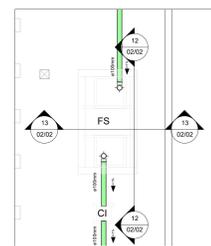
7 1o pavimento - DET 4
1 : 25



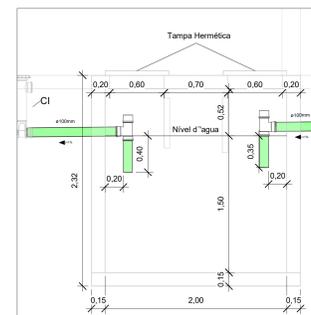
8 1o pavimento - DET 5
1 : 25



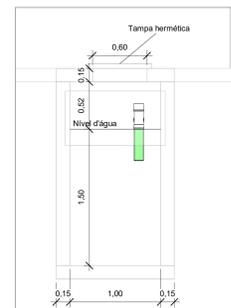
16 Esquema Geral - Esgoto 3D



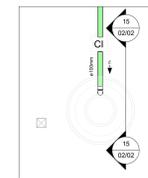
11 Detalhes Fossa
1 : 50



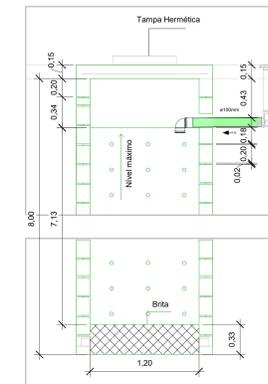
12 Corte 1 - Fossa
1 : 25



13 Corte 2 - Fossa
1 : 25



14 Detalhes Sumidouro
1 : 50



15 Corte 3 - Sumidouro
1 : 25

PROJETO HIDROSSANITÁRIO

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA

CLIENTE: Trabalho de Conclusão de Curso

DESCRIÇÃO DO PROJETO/ ENDEREÇO: Projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar

CONTEÚDO DA FRANCHA: Detalhes Esgoto

ESCALA	DATA	ÁREA DO TERRENO	ÁREA CONSTRUÍDA	DESENHISTAS
Como indicado	DEZ/2020	312,00m²	199,26m²	MATHEUS PONTES LIMA

RESPONSÁVEL PELO PROJETO

CONTRATANTE

RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO

HID
02/02

APÊNDICE V – DIMENSIONAMENTO ESGOTO E PLUVIAL

1									
2	Legenda								
3	Entrada do usuário								
4	Fórmula		Dados gerais			Valores da fossa		Dimensões da fossa	
5			Nº de pessoas (N)	7		Volume útil (L)	2519	Comprimento (m)	2,00
6			Prédio	Residência padrão alto		Volume útil (m³)	2,519	Largura (m)	1,00
7			Contribuição de Despejos (C) (L/Pessoa * Dia)	160		Volume útil (m³)	Até 6,0	Profundidade útil adotada (m)	1,50
8			Contribuição Diária (N x C) (L/Pessoa * Dia)	1120		Profundidade útil mínima (m)	1,2	Profundidade Total (m)	2,32
9			Contribuição Diária (N x C) (L/Pessoa * Dia)	Até 1500		Profundidade útil máxima (m)	2,2	Volume útil (m³)	3,00
10			Período de detenção (T) (Dias)	1				Volume útil atende?	SIM
11			Intervalo de Limpeza (Ano)	1					
12			Faixa de Temperatura Ambiente (°C)	t > 20					
13			Taxa de Acumulação de Lodo Digerido (K) (Dias)	57					
14			Contribuição de Lodo Fresco (Lf) (L/Pessoa * Dia)	1					
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

APÊNDICE V – DIMENSIONAMENTO ESGOTO E PLUVIAL (CONTINUAÇÃO)

1							
2	Legenda						
3	Entrada do usuário						
4	Fórmula	Dados gerais		Possíveis faixas de variação de coeficiente de infiltração			
5		Volume de Contribuição Diária (V) (L/Dia)	1120	Faixa	Constituição provável dos solos	Coeficiente de infiltração L/m ² x dia	
6		Coeficiente de Infiltração (Cinf) (L/m ² * Dia)	40	1	Rochas, argilas compactas de cor branca cinza ou preta variando a rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada	Menor que 20	
7		Área de Infiltração Necessária (Asum) (m ²)	28,00	2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a argilas, pouco siltosas e/ou arenosas	20 a 40	
8		Diâmetro Interno (d) (m)	1,20	3	Argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom	40 a 60	
9		Altura Útil (h) (m)	7,13	4	Areia ou silte argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areias e siltes	60 a 90	
10		Altura Total (H) (m)	8,00	5	Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalhos	Maior que 90	
11							
12							
13							
14							
15							

APÊNDICE V – DIMENSIONAMENTO ESGOTO E PLUVIAL (CONTINUAÇÃO)

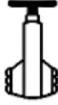
Legenda		Banheiro DET 4				Banheiro DET 5				Cozinha DET 2			
Entrada do usuário		Ramal de descarga				Ramal de descarga				Ramal de descarga			
Fórmula		Aparelho sanitário	Quantidade	UHC	DN mínimo	Aparelho sanitário	Quantidade	UHC	DN mínimo	Aparelho sanitário	Quantidade	UHC	DN mínimo
		Chuveiro - De residência	1	2	40	Chuveiro - De residência	1	2	40	Plta de cozinha residencial	2	6	50
		Lavatório - De residência	1	1	40	Lavatório - De residência	1	1	40				
		Bacia sanitária	1	6	100	Bacia sanitária	1	6	100				
		Não listado DN 40	1	2	40	Não listado DN 40	1	2	40				
		Ramal de esgoto				Ramal de esgoto							
		Peças	UHC	DN mín	DN adotado	Peças	UHC	DN mín	DN adotado				
		Caixa sifonada + Ralo Chuveiro + Lavatório	5	50	50	Caixa sifonada + Ralo Chuveiro + Lavatório	5	50	50				
		Bacia sanitária + Caixa sifonada + Ralo Chuveiro + Lavatório	11	75	100	Bacia sanitária + Caixa sifonada + Ralo Chuveiro + Lavatório	11	75	100				
		Ramal de ventilação				Ramal de ventilação							
		Bacia sanitária + Caixa sifonada + Ralo Chuveiro + Lavatório	11	50	50	Bacia sanitária + Caixa sifonada + Ralo Chuveiro + Lavatório	11	50	50				
		Banheiro DET 1				Área de Serviço DET 3							
		Ramal de descarga				Ramal de descarga							
		Aparelho sanitário	Quantidade	UHC	DN mínimo	Aparelho sanitário	Quantidade	UHC	DN mínimo				
		Chuveiro - De residência	1	2	40	Máquina de lavar roupas	1	3	50				
		Lavatório - De residência	1	1	40	Tanque de lavar roupas	1	3	40				
		Bacia sanitária	1	6	100	Não listado DN 50	1	3	50				
		Não listado DN 40	1	2	40								
		Ramal de esgoto				Ramal de esgoto							
		Peças	UHC	DN mín	DN adotado	Peças	UHC	DN mín	DN adotado				
		Caixa sifonada + Ralo Chuveiro + Lavatório	5	50	50	MQL + Tanque + Caixa Sifonada	9	75	75				
		Bacia sanitária + Caixa sifonada + Ralo Chuveiro + Lavatório	11	75	100								
		Ramal de ventilação											
		Bacia sanitária + Caixa sifonada + Ralo Chuveiro + Lavatório	11	50	50								

APÊNDICE V – DIMENSIONAMENTO ESGOTO E PLUVIAL (CONTINUAÇÃO)

Vazão de Projeto (Total)		Vazão de Projeto (Total)		
Área de Contribuição (m ²)	85,358	Área de Contribuição (m ²)	33,425	
Intensidade Pluviométrica (mm/h)	174	Intensidade Pluviométrica (mm/h)	174	
Vazão de Projeto (L/min)	247,5382	Vazão de Projeto (L/min)	96,9318	
Área de Contribuição (m²)		Área de Contribuição (m²)		
Lado esquerdo	41,11	Lado esquerdo varanda	15,23	
Lado direito	44,25	Frente da varanda	18,19	
Total	85,358	Total	33,42475	
Calhas				
Calha	Vazão	Diâmetro da Calha (mm)	Diâmetro do Tubo de Queda (mm)	Diâmetro do Condutor
Central	247,5382	150	100	100
Varanda Esquerda	44,1728	100	100	100
Varanda Frontal	52,758975	100	100	100

ANEXOS

**ANEXO I – PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS – EQUIVALÊNCIA EM METROS DE TUBULACAO DE PVC RÍGIDO OU
COBRE**

Diâmetro nominal		Joelho 90° 	Joelho 45° 	Curva 90° 	Curva 45° 	Tê 90° Passagem direta 	Tê 90° Saída de lado 	Tê 90° Saída bilateral 	Entrada normal 	Entrada de borda 	Saída de canaliz. 	Válvula de pé e crivo 	Válvula retenção		Registro globo aberto 	Registro gaveta aberto 	Registro ângulo aberto 
DN (mm)	Ref. (pol.)												Tipo leve 	Tipo pesado 			
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,5	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: Macintyre (2017)

ANEXO II - DIMENSIONAMENTO DE COLUNAS E BARRILETES DE VENTILAÇÃO

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto <i>DN</i>	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento permitido m							
40	8	46	-	-	-	-	-	-	-
40	10	30	-	-	-	-	-	-	-
50	12	23	61	-	-	-	-	-	-
50	20	15	46	-	-	-	-	-	-
75	10	13	46	317	-	-	-	-	-
75	21	10	33	247	-	-	-	-	-
75	53	8	29	207	-	-	-	-	-
75	102	8	26	189	-	-	-	-	-
100	43	-	11	76	299	-	-	-	-
100	140	-	8	61	229	-	-	-	-
100	320	-	7	52	195	-	-	-	-
100	530	-	6	46	177	-	-	-	-
150	500	-	-	10	40	305	-	-	-
150	1 100	-	-	8	31	238	-	-	-
150	2 000	-	-	7	26	201	-	-	-
150	2 900	-	-	6	23	183	-	-	-
200	1 800	-	-	-	10	73	286	-	-
200	3 400	-	-	-	7	57	219	-	-
200	5 600	-	-	-	6	49	186	-	-
200	7 600	-	-	-	5	43	171	-	-
250	4 000	-	-	-	-	24	94	293	-
250	7 200	-	-	-	-	18	73	225	-
250	11 000	-	-	-	-	16	60	192	-
250	15 000	-	-	-	-	14	55	174	-
300	7 300	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13 000	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20 000	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26 000	-	-	-	-	5	22	70	152

Fonte: ABNT (1999)

ANEXO III - CHUVAS INTENSAS NO BRASIL (DURAÇÃO - 5MIN)

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
1 - Alegrete/RS	174	238	313 (17)
2 - Alto Itatiaia/RJ	124	164	240
3 - Alto Tapajós/PA	168	229	267 (21)
4 - Alto Teresópolis/RJ	114	137 (3)	-
5 - Aracaju/SE	116	122	126
6 - Avaré/SP	115	144	170
7 - Bagé/RS	126	204	234 (10)
8 - Barbacena/MG	156	222	265 (12)
9 - Barra do Corda/MA	120	128	152 (20)
10 - Bauru/SP	110	120	148 (9)
11 - Belém/PA	138	157	185 (20)
12 - Belo Horizonte/MG	132	227	230 (12)
13 - Blumenau/SC	120	125	152 (15)
14 - Bonsucesso/MG	143	196	-
15 - Cabo Frio/RJ	113	146	218
16 - Campos/RJ	132	206	240
17 - Campos do Jordão/SP	122	144	164 (9)
18 - Catalão/GO	132	174	198 (22)
19 - Caxambu/MG	106	137 (3)	-
20 - Caxias do Sul/RS	120	127	218
21 - Corumbá/MT	120	131	161 (9)
22 - Cruz Alta/RS	204	246	347 (14)
23 - Cuiabá/MT	144	190	230 (12)
24 - Curitiba/PR	132	204	228
25 - Encruzilhada/RS	106	126	158 (17)
26 - Fernando de Noronha/FN	110	120	140 (6)
27 - Florianópolis/SC	114	120	144
28 - Formosa/GO	136	176	217 (20)
29 - Fortaleza/CE	120	156	180 (21)
30 - Goiânia/GO	120	178	192 (17)
31 - Guaramiranga/CE	114	126	152 (19)
32 - Iraí/RS	120	198	228 (16)
33 - Jacarezinho/PR	115	122	146 (11)
34 - João Pessoa/PB	115	140	163 (23)
35 - Juaretê/AM	192	240	288 (10)
36 - km 47 - Rodovia Presidente Dutra/RJ	122	164	174 (14)
37 - Lins/SP	96	122	137 (13)
38 - Maceió/AL	102	122	174
39 - Manaus/AM	138	180	198
40 - Natal/RN	113	120	143 (19)
41 - Nazaré/PE	118	134	155 (19)
42 - Niterói/RJ	130	183	250
43 - Nova Friburgo/RJ	120	124	156
44 - Olinda/PE	115	167	173 (20)
45 - Ouro Preto/MG	120	211	-
46 - Paracatu/MG	122	233	-
47 - Paranaguá/PR	127	186	191 (23)
48 - Paratins/AM	130	200	205 (13)
49 - Passa Quatro/MG	118	180	192 (10)
50 - Passo Fundo/RS	110	125	180
51 - Petrópolis/RJ	120	126	156
52 - Pinheiral/RJ	142	214	244
53 - Piracicaba/SP	119	122	151 (10)
54 - Ponta Grossa/PR	120	126	148

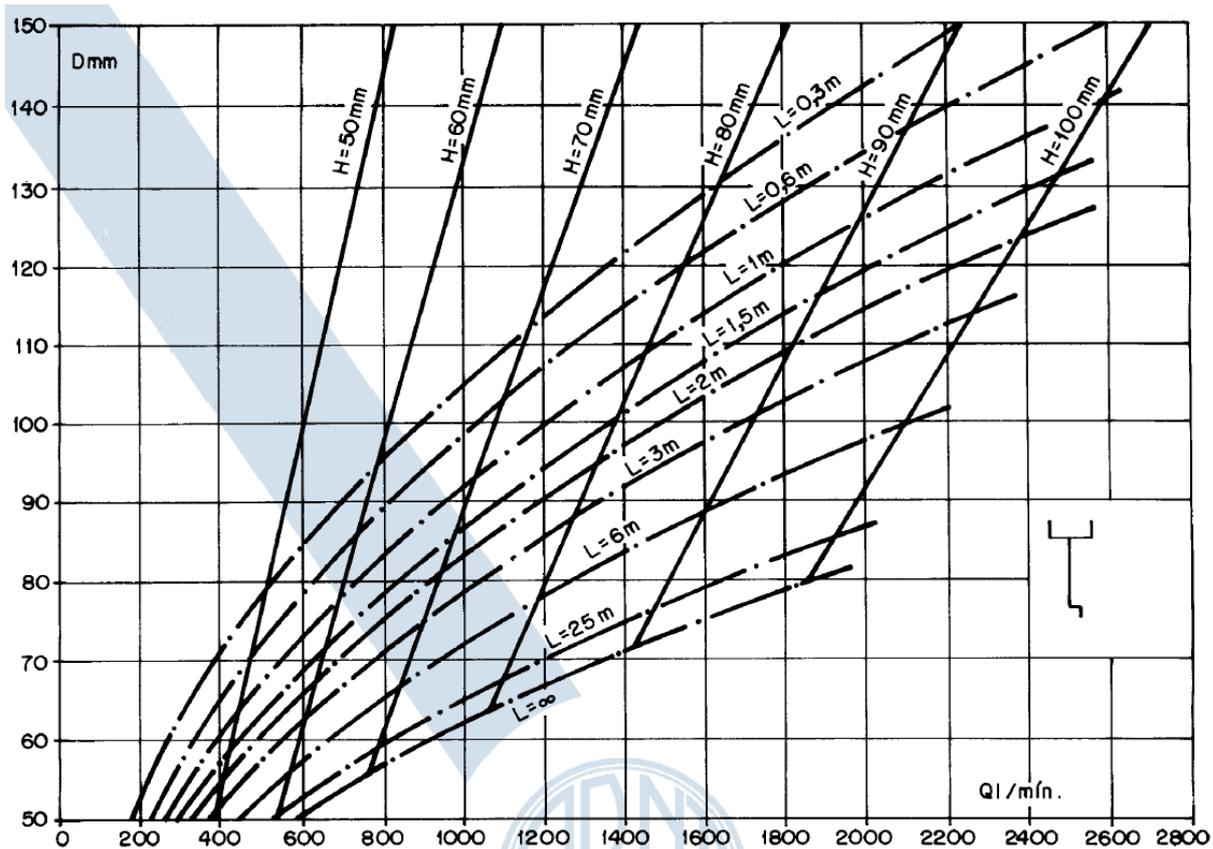
Fonte: ABNT (1989)

ANEXO III (CONTINUAÇÃO) - CHUVAS INTENSAS NO BRASIL (DURAÇÃO - 5MIN)

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
55 - Porto Alegre/RS	118	146	167 (21)
56 - Porto Velho/RO	130	167	184 (10)
57 - Quixeramobim/CE	115	121	126
58 - Resende/RJ	130	203	264
59 - Rio Branco/AC	126	139 (2)	-
60 - Rio de Janeiro/RJ (Bangu)	122	156	174 (20)
61 - Rio de Janeiro/RJ (Ipanema)	119	125	160 (15)
62 - Rio de Janeiro/RJ (Jacarepaguá)	120	142	152 (6)
63 - Rio de Janeiro/RJ (Jardim Botânico)	122	167	227
64 - Rio de Janeiro/RJ (Praça XV)	120	174	204 (14)
65 - Rio de Janeiro/RJ (Praça Saenz Peña)	125	139	167 (18)
66 - Rio de Janeiro/RJ (Santa Cruz)	121	132	172 (20)
67 - Rio Grande/RS	121	204	222 (20)
68 - Salvador/BA	108	122	145 (24)
69 - Santa Maria/RS	114	122	145 (16)
70 - Santa Maria Madalena/RJ	120	126	152 (7)
71 - Santa Vitória do Palmar/RS	120	126	152 (18)
72 - Santos/SP	136	198	240
73 - Santos-Itapema/SP	120	174	204 (21)
74 - São Carlos/SP	120	178	161 (10)
75 - São Francisco do Sul/SC	118	132	167 (18)
76 - São Gonçalo/PB	120	124	152 (15)
77 - São Luiz/MA	120	126	152 (21)
78 - São Luiz Gonzaga/RS	158	209	253 (21)
79 - São Paulo/SP (Congonhas)	122	132	-
80 - São Paulo/SP (Mirante Santana)	122	172	191 (7)
81 - São Simão/SP	116	148	175
82 - Sena Madureira/AC	120	160	170 (7)
83 - Sete Lagoas/MG	122	182	281 (19)
84 - Soure/PA	149	162	212 (18)
85 - Taperinha/PA	149	202	241
86 - Taubaté/SP	122	172	208 (6)
87 - Teófilo Otoni/MG	108	121	154 (6)
88 - Teresina/PI	154	240	262 (23)
89 - Teresópolis/RJ	115	149	176
90 - Tupi/SP	122	154	-
91 - Turiaçu/MG	126	162	230
92 - Uaupés/AM	144	204	230 (17)
93 - Ubatuba/SP	122	149	184 (7)
94 - Uruguaiana/RS	120	142	161 (17)
95 - Vassouras/RJ	125	179	222
96 - Viamão/RS	114	126	152 (15)
97 - Vitória/ES	102	156	210
98 - Volta Redonda/RJ	156	216	265 (13)

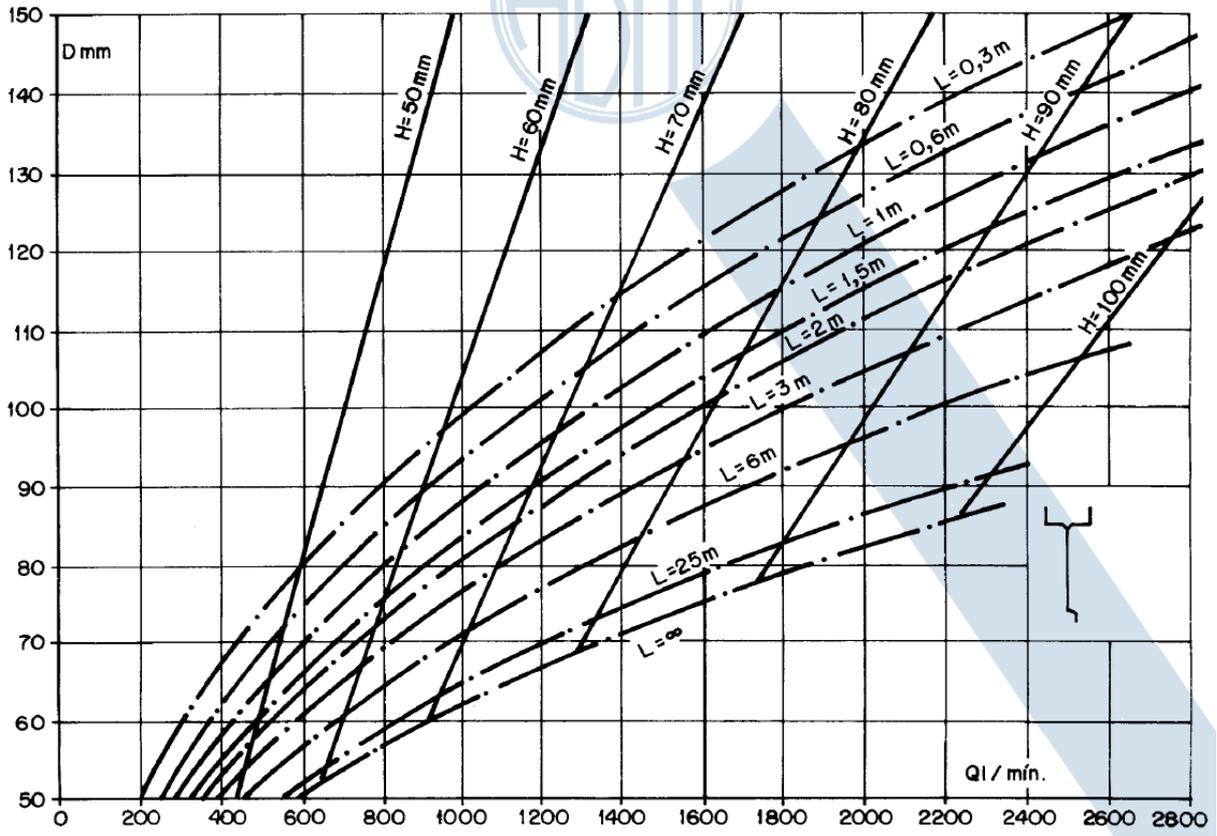
Fonte: ABNT (1989)

ANEXO IV – CALHA COM SAÍDA EM ARESTA VIVA



Fonte: ABNT (1989)

ANEXO V – CALHA COM FUNIL DE SAÍDA



Fonte: ABNT (1989)

**ANEXO VI – CAPACIDADE DE CONDUTORES HORIZONTAIS DE SEÇÃO
CIRCULAR (VAZÕES EM L/MIN.)**

	Diâmetro interno (D) (mm)	$\underline{n} = 0,011$				$\underline{n} = 0,012$				$\underline{n} = 0,013$			
		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 (1989)