

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ESTEVAN AGUIAR LEMOS

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO PRÉDIO
CENTENÁRIO DA UFRGS**

Porto Alegre
Outubro de 2022

ESTEVAN AGUIAR LEMOS

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO PRÉDIO
CENTENÁRIO DA UFRGS**

Trabalho de Conclusão do apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Fernando Dornelles

Porto Alegre
2022

ESTEVAN AGUIAR LEMOS

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO PRÉDIO
CENTENÁRIO DA UFRGS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 19 de outubro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Fernando Dornelles (UFRGS)

Eng. Civil, Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS
Orientador

Prof. Juan Martin Bravo, (UFRGS)

Eng. Civil, Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

Dra. Daniele Feitoza Silva, (UFRGS)

Eng. Civil, Dra. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por serem a pedra fundamental da minha formação.

Aos meus tios e tias por serem meus padrinhos.

A minha irmã por ser minha melhor amiga.

Aos meus amigos por serem meus irmãos.

Aos meus colegas de trabalho por serem meus professores.

Ao professor Fernando por ser meu mentor.

RESUMO

Este trabalho analisa possíveis cenários para implementar um sistema de aproveitamento de águas pluviais em bacias sanitárias de uma edificação que compõe o patrimônio histórico de Porto Alegre. Dois estudos de cenários iniciais foram propostos, sendo verificada a inviabilidade técnica de um dos cenários.

Foi elaborado um modelo em BIM da arquitetura existente e do sistema de água fria atualmente instalado. Sobre o sistema, foram projetadas as modificações necessárias para implementar o aproveitamento de águas pluviais. Com a elaboração do projeto, foi levantado o quantitativo de material e foram estimados os custos de implantação pelas composições do SINAPI.

Ressaltou-se o desafio de adequar as novas instalações limitando impactos nos elementos arquitetônicos tanto internos quanto externos visando preservar o patrimônio histórico.

O atendimento à demanda do projeto foi verificado considerando os ábacos da tese de doutorado do professor Fernando Dornelles, de tal forma que foi possível estimar a conta de água e apresentar indicadores econômicos como payback e VPL. Os indicadores apontaram uma atratividade baixa e um período de retorno do investimento elevado, considerando assim a inviabilidade econômica. Ressaltou-se, no entanto, aspectos positivos de implementar o sistema como a valorização da imagem do empreendimento e da universidade.

Palavras-chave: Captação de água da chuva, Sustentabilidade, Projeto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de água na Terra	14
Figura 2 – Distribuição de água doce no mundo	15
Figura 3 – Usos de água no mundo.....	16
Figura 4 - Vazão Consumida em 2010 no Brasil	16
Figura 5 – Exemplo de anéis redutores de vazão.....	20
Figura 6 – Exemplo de arejadores	20
Figura 7 - Área de captação pluvial	25
Figura 8 - Filtro separador de folhas	27
Figura 9 - Reservatório de descarte do escoamento inicial	27
Figura 10 – Dispositivo automático de descarte da primeira água	28
Figura 11 – Exemplo de estação de tratamento de água da chuva	29
Figura 12 – Ábaco de atendimento para Porto Alegre	30
Figura 13 – Planta de Situação.....	32
Figura 14 – Subsolo.....	33
Figura 15 – Primeiro Pavimento	34
Figura 16 – Segundo Pavimento.....	35
Figura 17 – Terceiro Pavimento.....	36
Figura 18 – Subcobertura	37
Figura 19 – Reservatórios superiores	38
Figura 20 – Distribuição dos vasos sanitários.....	39
Figura 21 – Exemplo de estereograma.....	40
Figura 22 – Imagem aérea.....	40
Figura 23 – Rede pluvial da edificação	41
Figura 24 – Esquema do Cenário A.....	45
Figura 25 – Esquema do Cenário B.....	47
Figura 26 – Corte reservatórios	48
Figura 27 – Ábaco de condutores verticais.....	53
Figura 28 – Traçado do desvio da rede	54
Figura 29 – Detalhe das saídas do Filtro First Flush.....	54
Figura 30 – Vista do filtro de descarte da primeira água.....	55
Figura 31 – Reservatório inferior	55
Figura 32 – Corte dos reservatórios inferiores.....	56
Figura 33 – Esquema 3D dos reservatórios inferiores	56
Figura 34 – Representação geral das instalações do reservatório superior	60
Figura 35 – Reservatório superior.....	60
Figura 36 – Corte do reservatório superior	61
Figura 37 – Detalhe do aproveitamento do extravasor de água fria	61
Figura 38 – Modelo 3D dos reservatórios superiores	62
Figura 39 – Interrupção da rede existente	63
Figura 40 - Exemplo de traçado.....	63
Figura 41 – Pontos de dimensionamento (1/2)	68
Figura 42 – Pontos de dimensionamento (2/2)	69
Figura 43 - Alternativa de aproveitamento	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cobertura de água e esgoto por região em %	17
Tabela 2 – Volume tratado e número de economias	19
Tabela 3 – Referencias para consumo residencial por utilidade	21
Tabela 4 – Vazões características e duração de uso	22
Tabela 5 – Frequência característica	22
Tabela 6 – Coeficiente de escoamento superficial por diferentes autores ...	25
Tabela 7 – Comparativo entre parâmetros de qualidade exigidos	26
Tabela 8 – Levantamento termo energético	42
Tabela 9 – Atividades marcadas no Prédio Centenário	42
Tabela 10 – Resumo da ferramenta	44
Tabela 11 – Reservas e áreas de captação para os estudos de cenários ...	47
Tabela 12 – Capacidade de condutores horizontais (L/min)	50
Tabela 13 – Diâmetro e inclinação dos condutores horizontais	51
Tabela 14 – Vazão de projeto das calhas	52
Tabela 15 – Verificação condutores verticais	53
Tabela 16 – Pesos relativos por aparelho	65
Tabela 17 – Comprimentos equivalentes das conexões	67
Tabela 18 – Dimensionamento da perda de carga (1/2)	69
Tabela 19 – Dimensionamento da perda de carga (2/2)	69
Tabela 20 – Quantitativo de tubulação (mm)	71
Tabela 21 – Quantitativo de Conexões	71
Tabela 22 – Quantitativo de Registros e válvulas	72
Tabela 23 – Composições de recalque	73
Tabela 24 - Composições do reservatório inferior	74
Tabela 25 - Composições da alimentação	73
Tabela 26 - Composições de água fria	73
Tabela 27 - Composições da rede pluvial	74
Tabela 28 - Nível de atendimento	75
Tabela 29 – Volume aproveitado	75
Tabela 30 – Economia mensal e anual	76
Tabela 31 – Payback simples	78
Tabela 32 – VPL, TIR e IL (20 anos).....	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	A ÁGUA NA HISTÓRIA DO HOMEM	9
1.2	A ÁGUA DA CHUVA E O HOMEM MODERNO	10
1.3	O PROJETO	11
1.4	DESAFIOS	12
2	OBJETIVO	13
3	METODOLOGIA	13
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4.1	DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO MUNDO	14
4.2	ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MEIO URBANO	17
4.3	CONSUMO DE ÁGUA.....	20
4.4	APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	23
4.4.1	Captação	24
4.4.2	Tratamento	26
4.4.3	Reservação	29
5	PROJETO	31
5.1	Descrição do Empreendimento	31
5.2	Demanda	41
5.3	Cenários	44
5.3.1	Cenário A: Reservação superior.....	44
5.3.2	Cenário B: Reservação superior e inferior.....	45
5.4	Viabilidade Técnica.....	48
5.5	Projeto	49
5.5.1.	Normas e Diretrizes	49
5.5.2.	Tratamento	49
5.5.3.	Reservatório inferior	55
5.5.4.	Recalque	57

5.5.5.	Reservatório Superior.....	59
5.5.6.	Consumo	62
5.5.1.1	Vazão	64
5.5.1.2	Velocidade de escoamento	65
5.5.1.3	Perda de carga	66
5.5.1.4	Pressão disponível	67
5.5.1.5	Dimensionamento.....	68
5.6	Manutenção	70
5.7	Quantitativo	70
5.8	Orçamentação	72
5.9	Eficiência do sistema	74
5.10	Viabilidade econômica.....	75
6	CONCLUSÃO.....	80
	BIBLIOGRAFIA	82

1 INTRODUÇÃO

1.1 A ÁGUA NA HISTÓRIA DO HOMEM

Ao longo da história antiga, povos como os sumérios viviam em regiões de chuvas escassas e tiveram de aprender a desviar e armazenar as águas do Tigres e Eufrates. Às margens do Nilo, os egípcios enfrentaram problemas com inundações ribeirinhas e são considerados o primeiro povo a construir barragens. Como aponta Azevedo Netto (1959), galerias de esgotos eram construídas em 3750 a.C. em Nipur, na Índia, e na Babilônia.

A relação do homem com os mares, os rios e a chuva era representada em figuras mitológicas e religiosas. Para os egípcios, o Nilo era considerado filho de Osíris, que representa a fecundidade, e Isis, protetora dos mortos. No batismo católico, ritual que apaga o pecado original de quem o recebe e a este confere o caráter de cristão, o imergir na água simboliza a morte de Jesus Cristo, enquanto emergir representa a ressurreição.

A exposição mais direta às fontes de água, refletida nas crenças religiosas, é resumida na definição de Chevalier e Gheerbrant (1998):

As águas, massa indiferenciada, representando a infinidade dos possíveis, contêm todo o virtual, todo o informal, o germe dos germes, todas as promessas de desenvolvimento, mas também todas as ameaças de reabsorção. Mergulhar nas águas, para delas sair sem se dissolver totalmente, salvo por uma morte simbólica, é retornar às origens, carregar-se de novo num imenso reservatório de energia e nele beber uma força nova: fase passageira de regressão e desintegração, condicionando uma fase progressiva de reintegração e regenerescência.

O período Antigo, no qual a água simbolizava limpeza espiritual e fertilidade, contrasta com a urbanização ocorrida na Idade Média. Após o período feudal, o renascimento urbano ocorreu em decorrência de inovações técnicas implantadas nas produções rurais, gerando excedentes, o que fomentavam a vida nos centros comerciais. Embora se tenha havido inovações agrícolas, a época é caracterizada por

Menezes (1984) como um retrocesso nas condições higiênicas; a falta de saneamento propiciou o surgimento de epidemias de varíola, cólera, lepra e tifo.

Com o avanço científico, medidas a fim de controlar contaminações foram criadas na forma de normativas legais. O Acto Inglês de 1388, que proibia o lançamento de lixo em fossas e rios, é considerado por Pompeu (1976) como a lei britânica mais antiga sobre poluição de águas.

Comparando a relação entre o homem urbano e o homem antigo, percebe-se que o homem urbano passou a estabelecer uma relação de respeito à água regrada por normativas, em detrimento de cultos e culturas.

1.2 A ÁGUA DA CHUVA E O HOMEM MODERNO

Os avanços na distribuição de água são motivos de orgulho, porém, muitas vezes, geram a sensação de que a água é uma fonte inesgotável. Embora se tenha progredido em questões sanitárias, o crescimento populacional é um evento preocupante frente a disponibilidade hídrica.

O tema chama atenção quando da Declaração Universal dos Direitos da Água (ONU, 1992), *principalmente a citar: “a água não é uma doação gratuita da natureza, ela tem um valor econômico: é preciso saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.”*

Estima-se que cerca de 55% da população mundial residam em áreas urbanas e que esse número deve aumentar para 68% até 2050 (Relatório Mundial das Cidades, 2022). Nesse cenário, o acesso à água tratada será uma conquista essencial para a humanidade.

Aproveitar águas pluviais é uma prática sustentável que evita o consumo de água abastecida, a qual passa por um processo de tratamento custoso. Dessa forma, em questão de drenagem e de abastecimento de águas municipal, é valorosa a adoção de sistemas residenciais para conter o fluxo de água na rede pública, ou seja, os benefícios individuais podem contribuir para a sociedade comum (DORNELLES, 2012).

Arelado a um cenário de crise econômica, impulsionada pelas dificuldades enfrentadas na pandemia de Covid-19, o custo de vida do brasileiro vem crescendo. Ressalta-se também uma conscientização e preocupação da sociedade para com um crescimento sustentável.

Benefícios como ganhos econômicos e sustentabilidade ambiental são atrativos provindos de sistemas de utilização de água da chuva, um recurso que pode ser utilizado de forma eficiente em usos como bacias sanitárias, irrigação e limpeza de pisos e vias. A exemplo de Porto Alegre, o aproveitamento de água da chuva já é uma exigência para edificações industriais e comerciais que apresentem área de cobertura igual ou superior a 500 m² (Decreto 16.305, 2009).

Vantagens para além das supracitadas, podem provir de atrativos subjetivos, como a associação positiva de ambientes ecológicos à experiência dos usuários da edificação ou meio.

1.3 O PROJETO

O Prédio Centenário da UFRGS, inaugurado em 1900, é uma edificação marcante no campus centro, sendo ressaltado tanto pela arquitetura histórica quanto por sua participação na vida do estudante de engenharia. O prédio cedia o Centro Universitário mais antigo do Brasil, o CEUE (Centro dos Estudantes Universitários de Engenharia), uma instituição que desempenha um papel fundamental para a integração e para o desenvolvimento dos discentes, pois traz iniciativas como ações sociais, curso pré-vestibular, além de estimular capacitações e palestras. É de valorosa menção também citar os eventos de formação acadêmica que ocorrem nos auditórios e salas. Para mais, o Centenário cedia alguns departamentos administrativos como a reitoria e a diretoria e a COMGRAD.

Por possuir uma grande representatividade, o grupo ZISPOA (Zona de Inovação Sustentável de Porto Alegre) incentivou a implementação de soluções sustentáveis em edificações da UFRGS, tendo como ponto de partida o Prédio Centenário. Para tanto, o trabalho avalia estudos de viabilidade de aproveitamento de água da chuva em bacias sanitárias do Prédio Centenário da UFRGS.

Inicialmente, foram estudados cenários possíveis de implantação, sendo que cada cenário varia a área de captação, o volume de reservação, a necessidade ou não de implementar reservatório inferior, sistema de bombeamento, entre outras abordagens que os diferentes projetos podem possuir.

1.4 DESAFIOS

Com a popularização de soluções sustentáveis, o mercado vem adaptando e criando soluções simples e compactas a fim de atender aos mais variados empreendimentos. Serão apresentados neste trabalho alguns dispositivos inovadores como a estação compacta de tratamento de águas pluviais e o filtro automático.

Para compreender a eficiência do aproveitamento, é necessário obter o consumo dos ocupantes. A literatura dispõe de uma variada fonte de consumos agregado para as diferentes tipologias, porém há pouca riqueza de dados para consumos específicos como o de bacias sanitárias. Como solução, este trabalho adotou o método considerado na certificação LEED, que estabelece frequências de uso de metais e louças para diferentes tipos de usuários.

A eficiência de um sistema de aproveitamento depende do tamanho da reserva, porém a NBR 15.527 na versão de 2019 retirou as orientações para cálculo de reservatório. Para este trabalho, foi utilizado o ábaco desenvolvido na tese de doutorado do professor Fernando Dornelles (2012), o que incrementa a literatura por trazer uma solução a essa lacuna essencial que é compreender a relação entre o tamanho dos reservatórios e o atendimento à demanda do projeto.

Além dos desafios naturais de implementar um sistema de aproveitamento pluvial em uma edificação existente, por compor o patrimônio histórico de Porto Alegre, o Prédio Centenário apresenta restrições quanto os elementos arquitetônicos externos e internos. A citar, os revestimentos internos devem ser preservados, optando-se assim por uso de tubulações aparentes. Por outro lado, a fim de preservar a fachada, não foi adicionada tubulação de queda aparente nas áreas externas.

2 OBJETIVO

Com base no cenário supracitado, o tema proposto visa avaliar a viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de água da chuva para bacias sanitárias do Prédio Centenário da UFRGS. A partir deste estudo, busca-se compreender o balanço entre vantagens ecológico-financeiras e os custos de instalação do sistema.

Ainda, de maneira complementar, tem-se como objetivo o estudo de caso, pois, ao tratar-se de uma edificação histórica, as medidas de projeto e execução envolvem soluções específicas. Outro objetivo específico é adicionar à literatura novas soluções que o mercado vem oferecendo e metodologias para estimar a demanda por metal e louça e para estimar o atendimento dessa demanda.

3 METODOLOGIA

Para avaliar a viabilidade de aproveitamento de água da chuva no Prédio Centenário, o trabalho será desenvolvido no modelo monografia, seguindo algumas vertentes:

- Revisão bibliográfica: a partir de bibliografia e materiais disponíveis para estudo, tem-se a intenção de apresentar, questionar e estudar soluções na edificação em questão. Além de trabalhos científicos, são estudados inovações e dispositivos que o mercado vem fornecendo;
- Projeto: a edificação e as instalações existentes serão modeladas e, então, reajustadas para que concordem com os novos traçados de tubulação. Verificando a viabilidade técnica dos cenários, será realizado um projeto executivo, que segue em anexo;
- Orçamentação: do projeto, será possível levantar o material removido, realocado e adicionado, e, adicionalmente, os serviços de instalação, como mão de obra e materiais para a execução, serão analisados, pois

é, também de interesse levantar o custo da instalação para definir o payback;

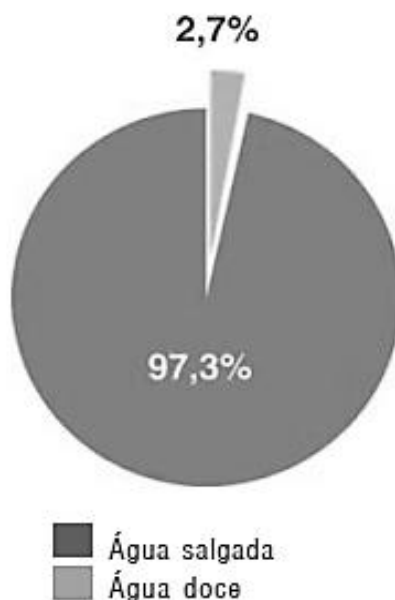
- Análise de resultados: a partir das etapas supracitadas, parte-se para a análise crítica a respeito da utilização dos sistemas, elencando as principais características positivas e negativas, com a avaliação qualitativa e quantitativa dos principais parâmetros de viabilidade (custos e atendimento à demanda).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO MUNDO

A disponibilidade hídrica é um tema que merece atenção, pois, embora se considere que 75% da superfície da Terra seja coberta por água, o volume de água doce representa somente 2,7% (WWF-Brasil, 2006).

Figura 1 - Distribuição de água na Terra



Fonte: citado em Livro das Águas, WWF-Brasil, 2006.

Além disso, boa parte da água doce disponível não está diretamente acessível ao consumo humano, visto que 77% da água doce está presente na forma de gelo nas calotas polares e cerca de 22%, no lençol freático (WWF-Brasil, 2006).

Ainda, ressalta-se que a parcela restante de água doce não representa necessariamente a quantidade de água potável, visto, que para tanto, a água precisa atestar boa qualidade: acredita-se que menos de 1% de toda água doce do Planeta esteja em condições potáveis.

Figura 2 – Distribuição de água doce no mundo

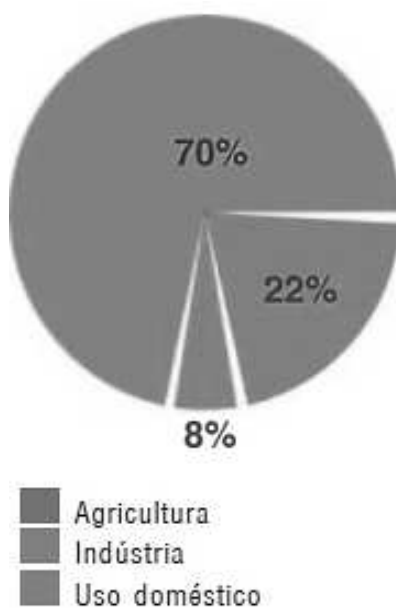


Fonte citado em Livro das Águas, WWF-Brasil, 2006.

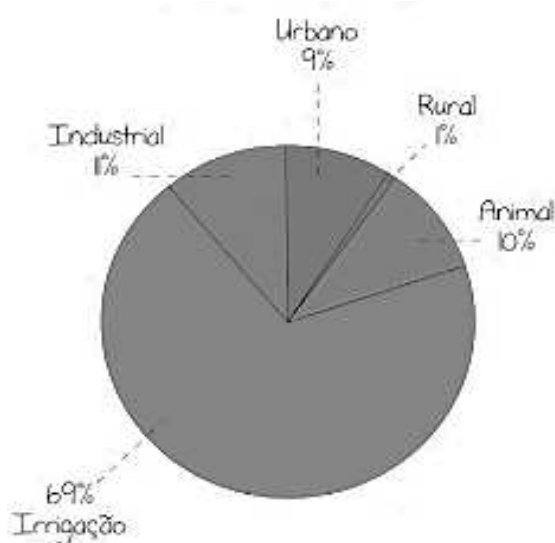
Dentre as fontes de água, demonstra-se que apenas 8% da água do mundo é utilizada para uso doméstico (World Bank, 2001).

Segundo a ANA (2012), o Brasil segue um perfil de consumo mais agrário em relação ao perfil mundial, oferecendo cerca de 80% para agricultura e cultivo animal.

Apesar de apenas 9% dos recursos serem utilizados para o meio urbano, estima-se que a agricultura de irrigação ainda terá um crescimento de 15 a 20% em decorrência do crescimento populacional (MARCUSOZZO E WENDLAND, 2010).

Figura 3 – Usos de água no mundo

Fonte: World Bank, 2001.

Figura 4 - Vazão Consumida em 2010 no Brasil

Fonte: ANA, 2012

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010), a abrangência dos serviços de saneamento básico no país ainda é

caracterizada por desigualdades regionais, sendo as Regiões Norte e Nordeste as que apresentam níveis mais baixos de atendimento.

Tabela 1 - Cobertura de água e esgoto por região em %

Região	Água	Esgoto
Norte	67,5	1,7
Nordeste	78,3	13,2
Sudeste	93,3	70,5
Sul	90,6	17,9
Centro-Oeste	79,7	33,3
Brasil	86,3	49,0

Fonte: IBGE, 1991 apud Hespanhol, 1999

4.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MEIO URBANO

O abastecimento público de água deve garantir a qualidade da água de forma a tornar a água adequada para os serviços domésticos, a prevenir doenças transmissíveis pela água, a prevenir a cárie dentária por fluoretação, a atender aos requisitos de qualidade normalizados pelo Ministério da Saúde e a garantir o funcionamento da rede pública frente corrosão e deposição de partículas (Barros, 1995).

No Brasil, a Política Nacional de Saneamento Básico (2007) tem como principal objetivo a promoção do avanço e a articulação entre os Municípios, Estado e União, no tocante às ações de saneamento básico, cabendo aos Municípios o planejamento destes serviços através da elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), compatibilizando-o aos demais planos correlatos (Plano Diretor, Plano de Habitação, Plano de Bacia Hidrográfica), com vistas à ocupação racional do espaço urbano e rural.

Conforme o artigo 3º da Lei Federal nº 11.445/07, o saneamento básico é entendido como conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais. Para o artigo, o abastecimento de água é constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais

necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição.

Para Tsutiva (2006), esse sistema é composto por 6 etapas desde a captação até a distribuição, sendo elas:

- **Captação:** é a etapa de desvio da água de manancial, seja ele um lago ou rio, ou algum poço subterrâneo.
- **Estação elevatória:** é um sistema com a finalidade de direcionar a água captada para uma cota superior. O sistema de recalque consiste em um conjunto de tubulações e conexões na rede de sucção, um conjunto motobomba, que realiza o bombeamento da água bruta através das tubulações e conexões da rede de sucção.
- **Adução:** a rede que alimenta os centros de tratamento e outras fases prévias à distribuição é chamada de rede adutora, a qual ainda não distribui água aos consumidores.
- **Tratamento:** são processos químicos, físicos ou biológicos que alteram o estado da água bruta não potável para o estado potável. Dentre os processos adotados em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), pode-se citar a coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação, correção de PH, cloração e tratamentos complementares.
- **Reservação:** no final do processo de tratamento, a água é bombeada para reservatórios superiores com a finalidade de manter a reserva disponível à rede.
- **Distribuição:** por fim, a rede de distribuição possui a finalidade de abastecer as unidades.

Em Porto Alegre, o abastecimento de água é realizado pelo Departamento de Águas e Esgoto (DMAE) e conta com seis sistemas de abastecimento, em 2020 atendeu a 730.887 economias, gerando um volume de 212.822.616 m³ de água tratada.

De 2017 a 2020, houve aumento de 3.5% em relação às economias atendidas e crescimento de 5.1% em relação à oferta de água. Alguns dados foram são apresentados na Tabela 2.

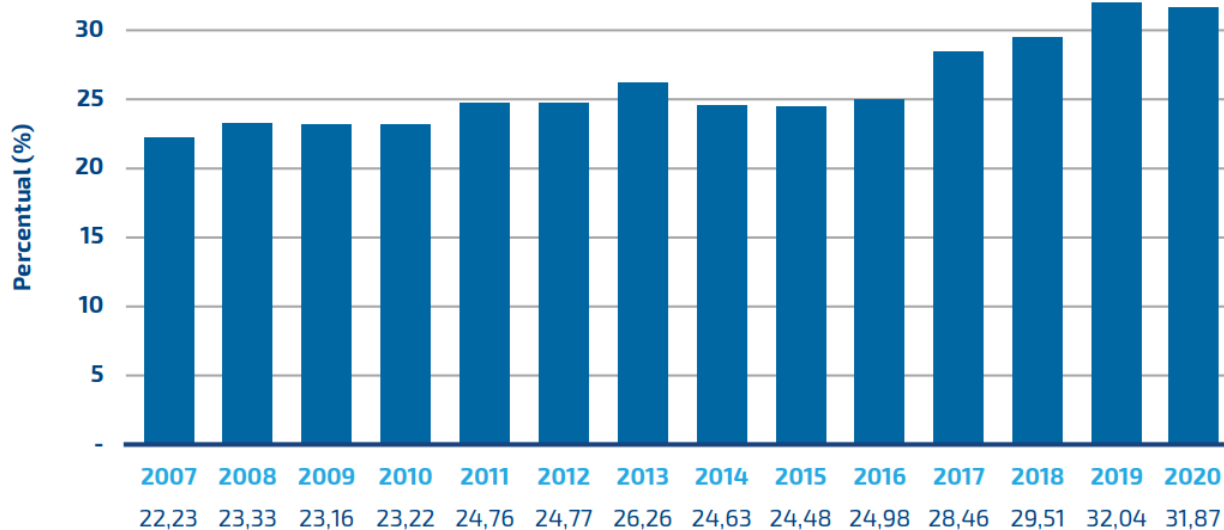
Tabela 2 – Volume tratado e número de economias

	2017	2018	2019	2020
Volume de água tratada (m ³)	202499821	205935759	214418398	212822616
Economias atendidas	706492	714067	723856	730887
Residências	608832	616271	624819	629438
Comerciais	94418	94598	95814	98248
Repartições Públicas	3235	3188	321	3188
Industrial	7	10	13	13

Fonte: Adaptado, Dados Gerais 2021 (DMAE, 2021)

No entanto, enquanto a demanda cresce, a dívida ativa segue alta, sendo de 513,9 milhões em 2020 (DMAE, 2021). Uma das possíveis justificativas para esse déficit é a perda de água na distribuição, que chegou a 31,87% em 2020, representando um desperdício de cerca de 67.826.567 de m³ de água.

Gráfico 1 – Perdas na distribuição



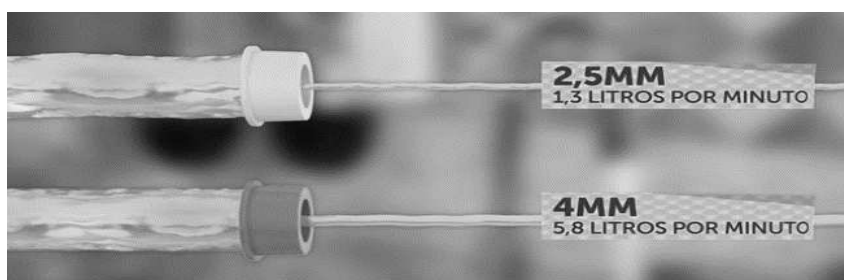
Fonte: Dados Gerais 2021 (DMAE, 2021)

4.3 CONSUMO DE ÁGUA

Frente o crescimento populacional, o uso racional da água é uma abordagem necessária. Estratégias de redução de consumo devem ser o ponto de partida para dimensionamento de sistemas de água. Soluções implantadas na saída do consumo visam reduzir as vazões dos dispositivos. O mercado vem incorporando linhas de chuveiros, torneiras e pias de baixa vazão, bem como bacias sanitárias de duplo-fluxo.

Caso não seja viável adotar metais de baixa vazão, principalmente quando já se tem metais e louças instalados, sugere-se inserir anéis redutores de vazão: dispositivos de baixo custo que podem ser inseridos na saída dos metais, de forma que seu funcionamento reduz a pressão no ponto de consumo, limitando a vazão. Também é possível inserir arejadores nos metais comuns, que, ao incorporarem ar na saída do consumo, aumentam a sensação de conforto em vazões inferiores.

Figura 5 – Exemplo de anéis redutores de vazão



Fonte: Blukit, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=mdrjXf-YmU0>

Figura 6 – Exemplo de arejadores



Fonte: Blukit, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=TdlaqucmYk>

Atrelado às soluções na fonte, é imprescindível manter as boas práticas do consumo racional como reduzir o tempo de uso, não deixar torneiras abertas, lavar pátios com baldes, e outras medidas, que podem ser acessadas no site do DMAE (https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?reg=1&p_secao=174).

Compreender a demanda de água não potável em uma edificação é um desafio, pois o consumo de água pode variar para diversos fatores como padrão do empreendimento, cultura local, clima, poder aquisitivo do usuário, entre outros (Twort et al, 2000). Além disso, o consumo depende do tipo de equipamento e suas vazões de funcionamento.

A literatura e os órgãos reguladores fornecem uma gama de valores para os consumos agregados de cada usuário, porém há poucas referências para valores desagregados dos consumos (DORNELLES, 2012). Para auxiliar na elaboração de futuros projetos de aproveitamento de água da chuva, algumas referências encontradas na literatura para uso residencial foram sintetizadas na Tabela 3. Considerou-se o Atlas Ambiental de Porto Alegre (1998), uma referência australiana (NSWhealth, 2000) e a estimativa realizada pela DECA que também cita um estudo realizado na USP.

Tabela 3 – Referencias para consumo residencial por utilidade

	Higiene	Bacia Sanitária	Cozinha	Área de Serviço	Outros
Porto Alegre	36%	32%	8%	12%	12%
DECA	58%	14%	15%	13%	0%
USP	34%	29%	22%	15%	0%
NSWhealth	38%	32%	7%	23%	0%
Média	42%	27%	13%	16%	3%

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que cerca de 27% do consumo domiciliar é representado por bacias sanitárias, o qual poderia ser atendido por fontes alternativas como águas pluviais.

Outra forma de se estimar o consumo de um empreendimento é atribuir as frequências dos usuários para cada metal e louça juntamente com as vazões

indicadas pelos fabricantes. A USGBC (United States Green Building Council) disponibiliza uma planilha com as referências de frequência previamente setadas.

Tabela 4 – Vazões características e duração de uso

Tipo de metal e louça	Vazão padrão	Unidade	Duração (seg)
Bacia sanitária (masculina)	6	L/fluxo	-
Bacia sanitária (feminina)	6	L/fluxo	-
Urinol	3.8	L/fluxo	-
Torneira pública de lavatório	1.9	L/min	30
Torneira privada de lavatório	8.3	L/min	60
Torneira de cozinha	8.3	L/min	15
Torneira de cozinha residencial	8.3	L/min	60
Chuveiro	9.5	L/min	300
Chuveiro residencial	9.5	L/min	480

Fonte: adaptado de USGB, 2022

Tabela 5 – Frequência característica

Tipo de metal e louça	Empregados	Visitantes	Clientes de varejo	Estudantes	Residentes
Bacia sanitária (masculina)	1	0.1	0.1	1	5
Bacia sanitária (feminina)	3	0.5	0.2	3	5
Urinol	2	0.4	0.1	2	0
Torneira pública de lavatório	3	0.5	0.2	3	0
Torneira privada de lavatório	0	0	0	0	5
Torneira de cozinha	1	0	0	0	0
Torneira de cozinha residencial	0	0	0	0	4
Chuveiro	0.1	0	0	0	0
Chuveiro residencial	0	0	0	0	1

Fonte: adaptado de USGB, 2022

Após adotar soluções que reduzam o consumo na fonte, busca-se estratégia para reduzir consumo de água da rede por fontes alternativas de água. Dentre os

consumos domésticos, destaca-se a possibilidade de empregar fontes não potáveis para algumas atividades, a NBR 15527-2019 estabelece que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado em:

- Sistemas de resfriamento a água;
- Descarga de bacias sanitárias e mictórios;
- Lavagem de veículos;
- Lavagem de pisos;
- Reserva técnica de incêndio;
- Uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos);
- Irrigação para fins paisagísticos.

Observa-se que em tipologias não residenciais como escolas e empreendimentos comerciais, via de regra não há uso de chuveiro. Nesses casos, bacias sanitárias são justamente os dispositivos que exigem maior demanda de água.

4.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

O sistema de aproveitamento de águas pluviais é um conjunto de equipamentos hidrossanitários que visa garantir o balanço entre a quantidade de chuva que será armazenada e a quantidade de água necessária para atender às necessidades do empreendimento. As principais variáveis do dimensionamento, a fim de garantir a eficiência do sistema, são:

- Pluviometria: é um dado essencial para compreender como o aproveitamento se comportará, pois a chuva é o recurso primário para o sistema. Orienta-se considerar uma gama consistente de dados de pelo menos 10 anos. É importante compreender que o índice pluviométrico da região indica a distribuição de chuvas ao longo do ano e quanto mais regulares forem, mais confiável será o sistema.

- **Área de Captação:** a projeção de telhado que contribuirá para a coleta de água é a chamada área de captação. Quanto maior o telhado, maior será o volume coletado.
- **Demanda:** é o volume de água que tais atividades requerem para serem atendidas, o item 4.3 aborda de forma geral as variações da demanda;
- **Reservação:** segundo Gonçalves (2006), o volume do reservatório de armazenamento define a eficiência do sistema: quanto maior o reservatório mais chuva poderá ser armazenada, o que reflete sobre o custo do sistema.

Via de regra, a pluviometria e a demanda do projeto são fixas, assim, os estudos de cenário trabalham principalmente as variáveis captação e reservação.

No Brasil, o aproveitamento de água da chuva é regulado pela NBR-15.527, atualizada em 2019, que estabelece as diretrizes e limitações para os sistemas de aproveitamento e ainda estabelece os padrões de qualidade para a utilização da água. O sistema inclui captação, tratamento, armazenamento e distribuição.

4.4.1 Captação

A captação de água da chuva pode ocorrer por diferentes superfícies, sendo a mais comum a de telhado. O material da superfície de captação interfere na eficiência do sistema uma vez que o revestimento absorve água, assim, nem toda água precipitada sobre a área de captação é aproveitada.

Percebe-se, logo, que a escolha do revestimento da superfície de captação é uma estratégia de projeto. O cociente entre a água que escoar superficialmente e o *total de água precipitada é denominado “coeficiente de runoff”*.

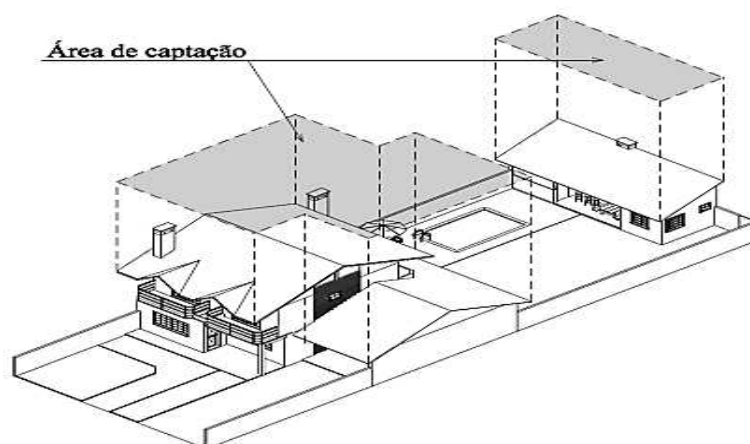
Tabela 6 – Coeficiente de escoamento superficial por diferentes autores

Material	Faixa de C	Fonte
Telha Cerâmica	0,80 – 0,90	Holkes e Fraiser <i>apud</i> Tomaz (2003)
	0,75 – 0,90	Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
	0,56	Khan <i>apud</i> May (2005)
Telha Metálica	0,70 – 0,90	Holkes e Fraiser <i>apud</i> Tomaz (2003)
	0,85	Khan <i>apud</i> May (2005)
Telha Esmaltada	0,80 – 0,90	Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Cobertura de PVC	0,94	Khan <i>apud</i> May (2005)
Betume	0,80 – 0,95	Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Telhados Verdes	0,27	Khan <i>apud</i> May (2005)
Pavimentos	0,40 – 0,90	Wilken <i>apud</i> Tomaz (2003)
	0,68	Khan <i>apud</i> May (2005)

Fonte: citado em GONÇALVES (2006)

Para a utilização da água de chuva, é necessário que as edificações sejam dotadas de calhas coletoras e condutores verticais para o direcionamento da água da chuva do telhado ao reservatório. O dimensionamento adequado das calhas e condutores verticais, bem com sua instalação, são elementos importantes para o funcionamento de todo o sistema. Orienta-se utilizar como referência para o dimensionamento desses componentes a NBR 10.844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais (ABNT, 1989).

É importante ressaltar que a área a ser considerada na captação de água da chuva é a área de projeção do telhado.

Figura 7 - Área de captação pluvial

Fonte: DORNELLES, 2012

4.4.2 Tratamento

Houve uma atualização sobre os parâmetros de qualidade indicados pela NBR 15527-2019 em relação à versão de 2007, a Tabela 7 a seguir sintetiza tais mudanças:

Tabela 7 – Comparativo entre parâmetros de qualidade exigidos

Parâmetro	NBR 15527:2007	NBR 15527:2019
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	-
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL	-
<i>Escherichia coli</i>	-	< 200 em 100 mL
Cloro residual livre	0,5 a 3,0 mg/L	no caso de uso de cloro 0,5 mg/L a 5,0 mg/L Recomentado entre 0,5 mg/L e 2,0 mg/L
Turbidez	< 2,0 uT para usos menos restritivos < 5,0 uT	< 5,0 uT
Cor aparente	< 15 uH	-
pH	6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado	6,0 a 9,0

Fonte: ZANELLA, ALVES (2020)

A fim de garantir a qualidade exigida, orienta-se adotar as seguintes estratégias de tratamento:

4.4.2.1 Remoção de materiais grosseiros

A superfície de captação pode acumular detritos, folhas, gravetos e restos orgânicos que podem prejudicar a qualidade de água a ser armazenada. A literatura indica a adoção de grades nas entradas das calhas, porém reter o material permite que a água da chuva carregue impurezas solúveis.

Com o aumento de novas tecnologias disponíveis no mercado, foram criados filtros que realizam a separação do material grosseiro como o da figura a seguir:

Figura 8 - Filtro separador de folhas



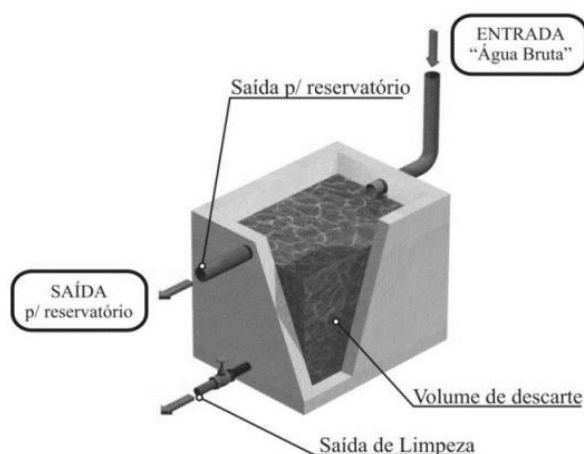
Fonte: Manual filtro VF1 AcquaSave/3P Technick

4.4.2.2 Descarte do escoamento inicial

Nos primeiros instantes de chuva, há o carregamento da maior parte de impurezas retidas nas áreas de captação, dessa forma, a NBR 15527 (ABNT, 2019) orienta que seja realizado o descarte da primeira chuva. Esse evento pode receber o nome de “primeira chuva”, “chuva de lavagem do telhado” ou ainda “first flush”.

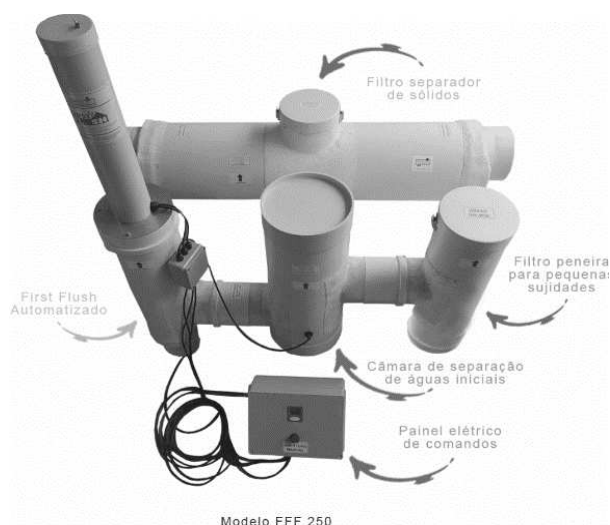
A NBR orienta que, na falta de dados, os dois primeiros milímetros da precipitação inicial sejam descartados, O descarte da primeira chuva pode ser realizado através de reservatórios com saída de descarte de forma manual ou de baixa vazão ou ainda por mecanismos automatizados (recomendado pela NBR), que temporizam o descarte para os 10 e 20 minutos iniciais de precipitação (Tomas, 1997).

Figura 9 - Reservatório de descarte do escoamento inicial



Fonte: DORNELLES, 2012

Figura 10 – Dispositivo automático de descarte da primeira água



Fonte: Filtro First Flsh (FFF) automático (Auxtrat)

4.4.2.3 Tratamento final

Diversos processos físicos ou químicos podem ser implementados para garantir a qualidade final da água, alguns são apresentados no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1 - Técnicas de tratamento de água da chuva

Técnicas de tratamento		
Método	Local	Resultado
Telas e grades	Calhas e tubo de queda	Previne entrada de folhas e galhos no sistema
Sedimentação	No reservatório	Sedimenta matéria particulada
Filtração		
Na linha de água	Após bombeamento	Filtra sedimentos
Carvão ativado	Na torneira	Remove cloro
Osmose reversa	Na torneira	Remove contaminantes
Camadas mistas	Tanque separado	Captura material particulado
Filtro lento	Tanque separado	Captura material particulado
Desinfecção		
Fervura/destilação	Antes do uso	Elimina microorganismos
Tratamento químico (cloro ou iodo)	No reservatório ou no bombeamento (líquido, tablete/pastilha ou granulado)	
		Elimina microorganismos
Radiação ultravioleta	Sistemas de luz ultravioleta devem estar localizados após passagem por filtro	
		Elimina microorganismos
Ozonização	Antes da torneira	Elimina microorganismos

Fonte: Texas guide to Rainwater harvesting, 1997

Segundo Santos (2002), o filtro de areia contribui para remoção de cor e turbidez da água. Já a desinfecção é importante para a remoção dos microrganismos presentes, os quais são oriundos das áreas de captação ou dos próprios reservatórios, que são meios para o desenvolvimento destes microrganismos.

Alternativamente, com a popularização da sustentabilidade e de sistemas de aproveitamento pluvial, o mercado vem desenvolvendo sistemas compactos de tratamento, assim, há a possibilidade de utilizar ETACs (Estação de Tratamento de Água da Chuva). Tais sistemas possuem a vantagem de realizar o processo de tratamento de forma automática e podem variar quanto ao tipo de filtragem, sendo mais usual a de areia ou de carvão ativado, podendo também acionar esterilização por radiação UV-C e realizar a cloração.

Figura 11 – Exemplo de estação de tratamento de água da chuva



Fonte: ETAC 1000, Auxtrat

4.4.3 Reservação

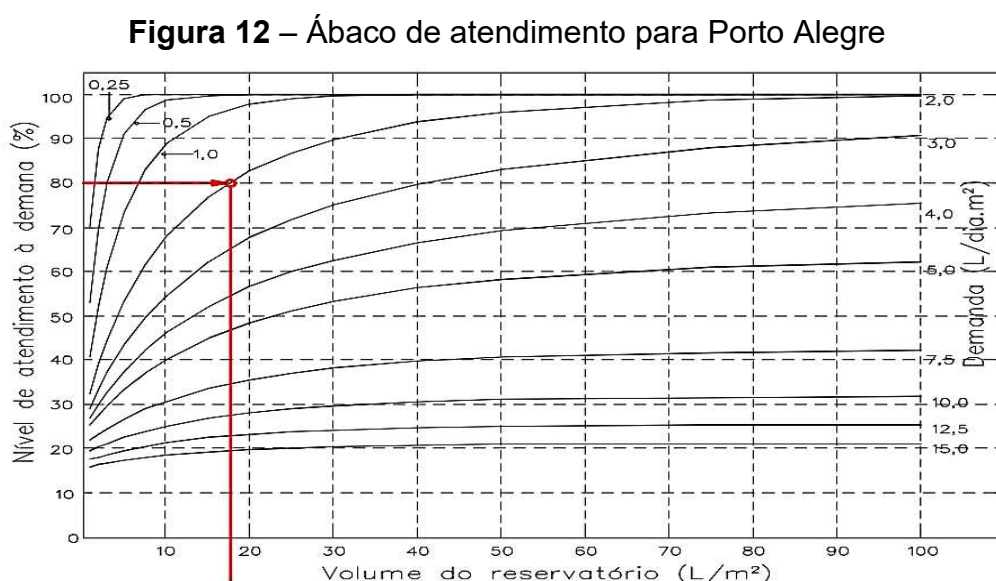
A reserva de água é uma etapa muito importante, pois considera-se que não há oferta diária de chuva, a reserva garante o estoque de água dos dias que chovem

para compensar os dias secos. Por outro lado, considerando o sistema como um todo, a implantação de reservatórios é o custo mais representativo, o que limita economicamente adotar reservas superdimensionadas.

Uma das críticas sobre a versão NBR 15527-2007 era sobre as orientações de metodologia de cálculo dos reservatórios de água da chuva, pois as seis formulações indicadas geravam reservas divergentes para um mesmo projeto. No entanto, com a versão de 2019, a norma retirou as seis metodologias e deixou a critério do projetista escolher a metodologia de dimensionamento.

Segundo Lopes e Santos (2002), há duas vertentes de dimensionamento: os métodos determinísticos são procedimentos que visam atingir um resultado único, via de regra por meio de uma equação ou lei; e os métodos estocásticos analisam a probabilidade de um evento. A tese de doutorado do professor Fernando Dornelles (2012) apresenta uma metodologia estocástica de dimensionamento que, a partir de séries sintéticas de precipitação, realiza o balanço de massa no reservatório pela metodologia de Monte Carlo. O procedimento gera um ábaco que contrapõe volume do reservatório e demanda para a obtenção da eficiência do sistema.

Para obtenção dos níveis de atendimento, deve-se entrar com o volume do reservatório dividido pela área de captação no eixo x e a demanda dividida pela área de captação no eixo y.



Fonte: Dornelles (2012)

5 PROJETO

5.1 Descrição do Empreendimento

Inaugurado em 1900, o Prédio Centenário da Escola de Engenharia da UFRGS faz parte do patrimônio histórico de Porto Alegre e se mantém nos dias atuais como uma das edificações que compõem a estrutura acadêmica do Campus Centro. Localizada na Praça Argentina, número 9, a edificação de quatro pavimentos conta com uma cafeteria, salas administrativas, sala de estudo, centro estudantil, salas de aula e auditórios.

Iniciativas organizadas pelo grupo ZISPOA (Zona de Inovação Sustentável de Porto Alegre) passaram a abordar estratégias sustentáveis na edificação, sendo uma delas, o aproveitamento de águas pluviais. Com o auxílio da administração do prédio, foram fornecidas plantas baixas, cortes e informações de entrada e saída de alunos ou funcionários. As plantas fornecidas foram consideradas para elaborar a arquitetura e as instalações no Revit e basear o traçado das tubulações de água da chuva. Foram considerados os seguintes documentos:

- SUB-SOLO.dwg
- 1ºPAV.dwg
- 2ºPAV.dwg
- 3ºPAV.dwg
- COBERTURA.dwg
- ESTEREOGRAMAS.dwg
- 11101_EENG_ARQ_SitLoc-Implantação e Situação-A3.pdf
- 11101_EENG_ARQ_02_Planta_Subsolo-A2.pdf
- 11101_EENG_ARQ_03_Planta_Pav1-A2.pdf
- 11101_EENG_ARQ_04_Planta_Pav2-A2.pdf
- 11101_EENG_ARQ_05_Planta_Pav3-A2.pdf
- 11101_EENG_ARQ_06_Subcobertura-A2.pdf
- 11101_EENG_ARQ_07_CorteAA.dwg

- 11101_EENG_ARQ_08_CorteBB.dwg
- 11101_EENG_ARQ_09_CorteCC.dwg
- 11101_EENG_ARQ_10_CorteDD.dwg
- 11101_EENG_ARQ_10_CorteDD.dwg
- 11101_EENG_ARQ_11_CorteEE.dwg
- 11101_EENG_ARQ_12_CorteFF.dwg
- 11101_EENG_ARQ_13_CorteGG.dwg
- agenda_centenário_2018.xls

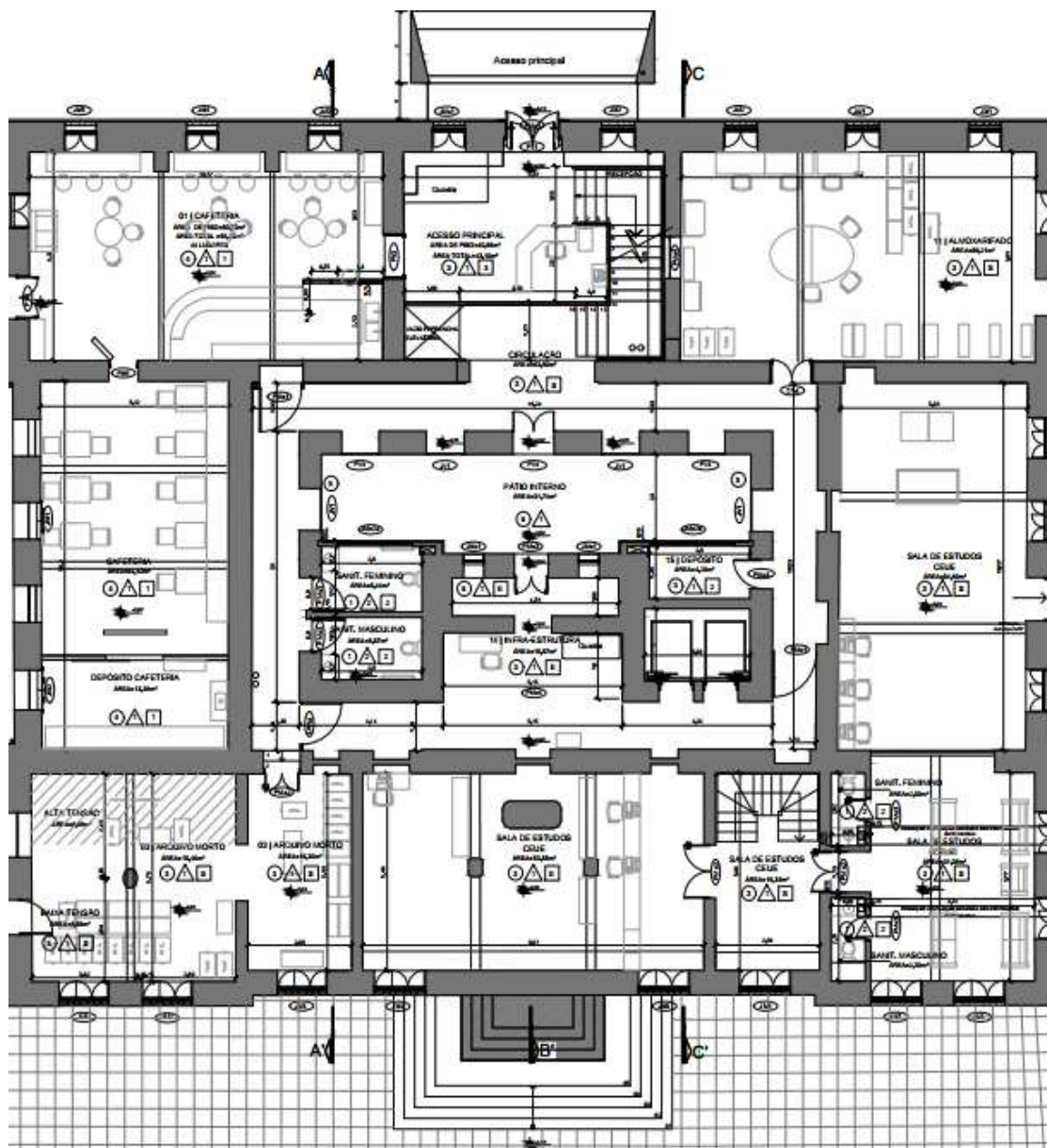
Figura 13 – Planta de Situação



Fonte: SINFRAEE (2018)

O subsolo marca a entrada do empreendimento por quem está entrando pelo campus. Neste pavimento há uma cafeteria, o espaço de descontração e de administração do CEUE, além de alguns depósitos, almoxarifados e arquivos. O andar conta com 4 banheiros, totalizando 4 bacias sanitárias.

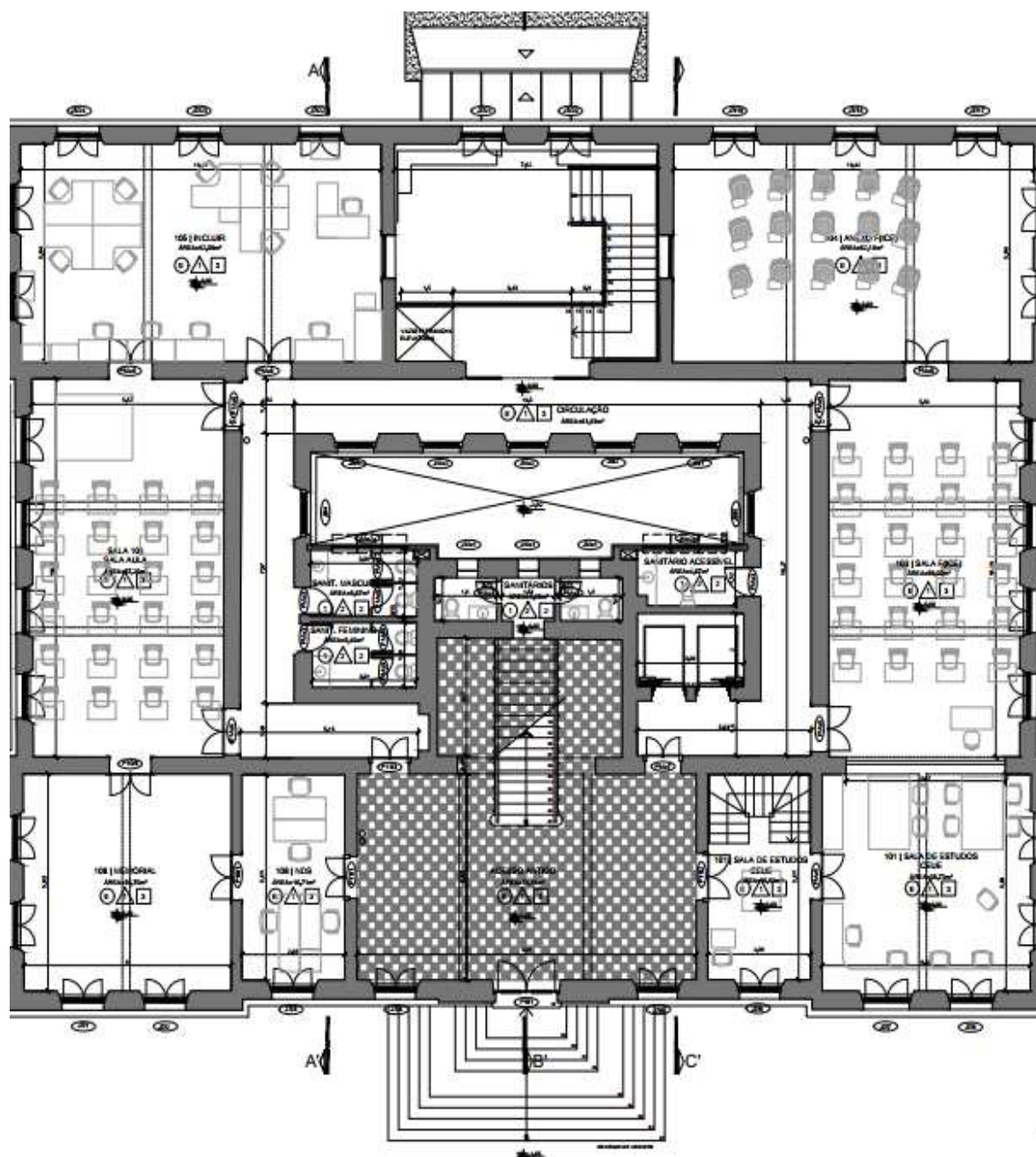
Figura 14 – Subsolo



Fonte: SINFRAEE (2018)

O primeiro pavimento possui acesso externo e conta com salas de estudos do CEUE, salas de aula, memorial e a iniciativa INCLUIR. O andar conta com 4 banheiros, totalizando 6 bacias sanitárias.

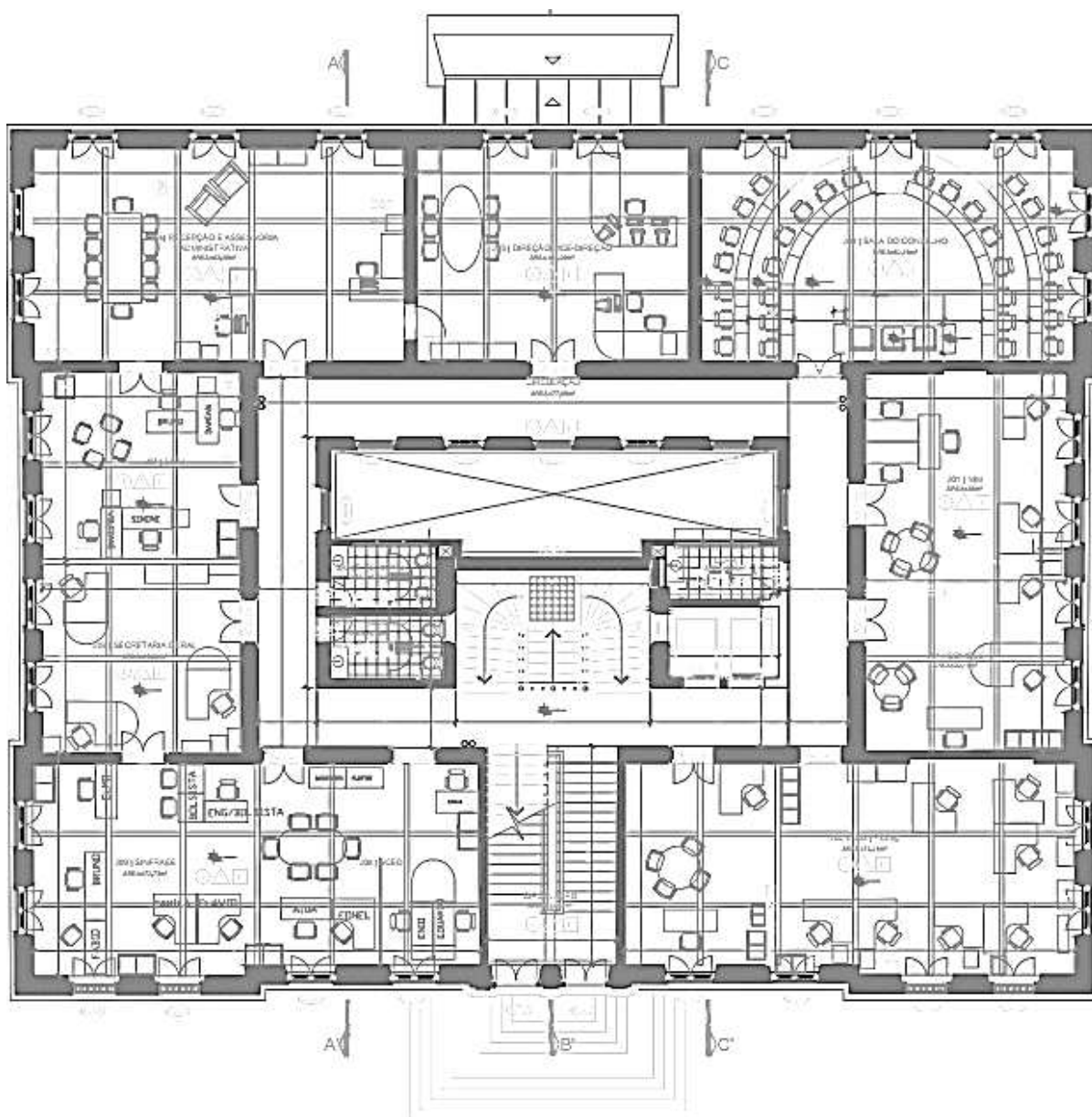
Figura 15 – Primeiro Pavimento



Fonte: SINFRAEE (2018)

O segundo pavimento possui um caráter administrativo, contemplando salas de conselho, diretoria e órgãos da Escola de Engenharia. Há dois banheiros que totalizam 4 bacias sanitárias.

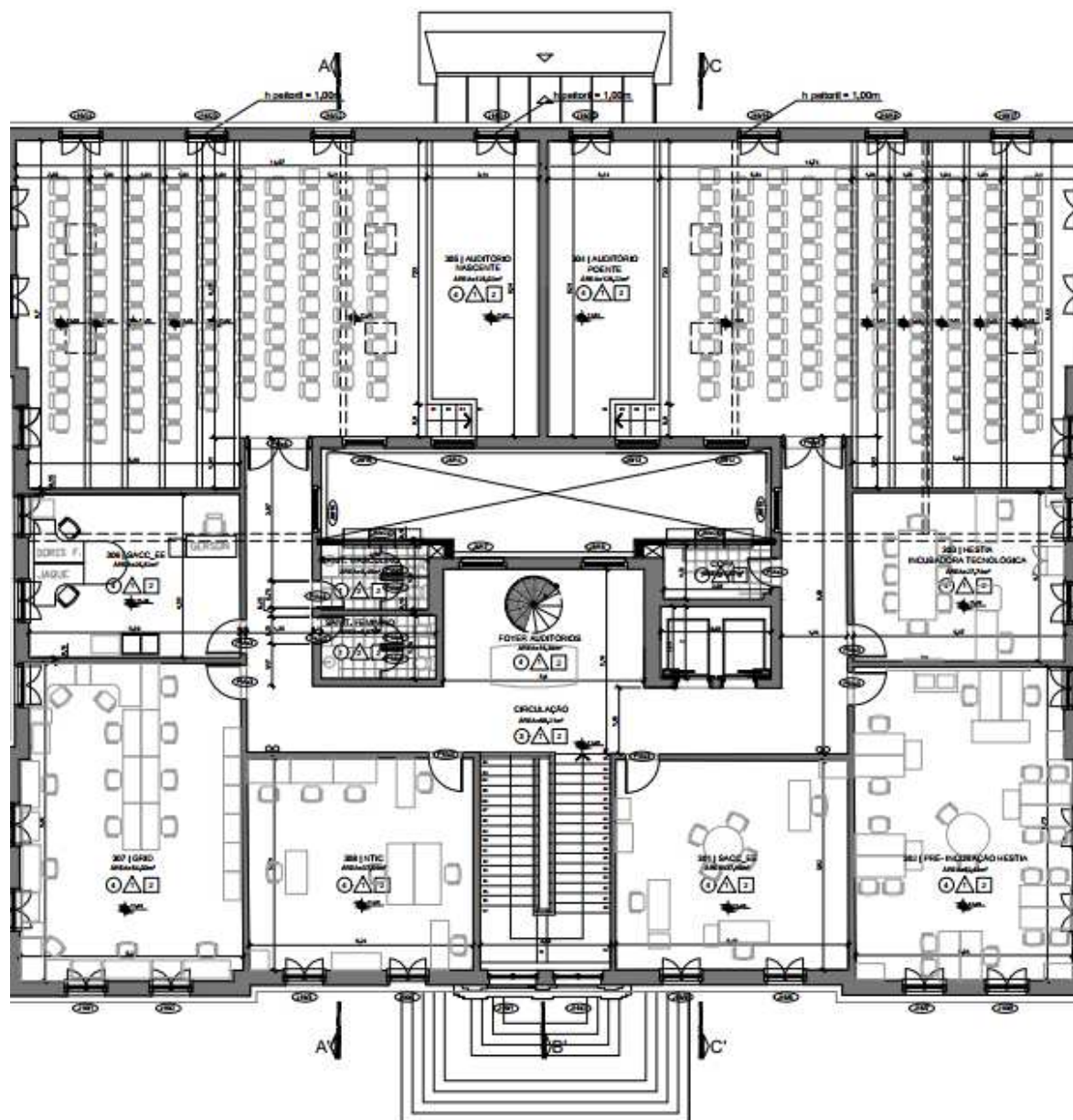
Figura 16 – Segundo Pavimento



Fonte: SINFRAEE (2018)

O terceiro pavimento possui dois auditórios e contempla órgãos da Escola de Engenharia. Há dois banheiros que totalizam 4 bacias sanitárias.

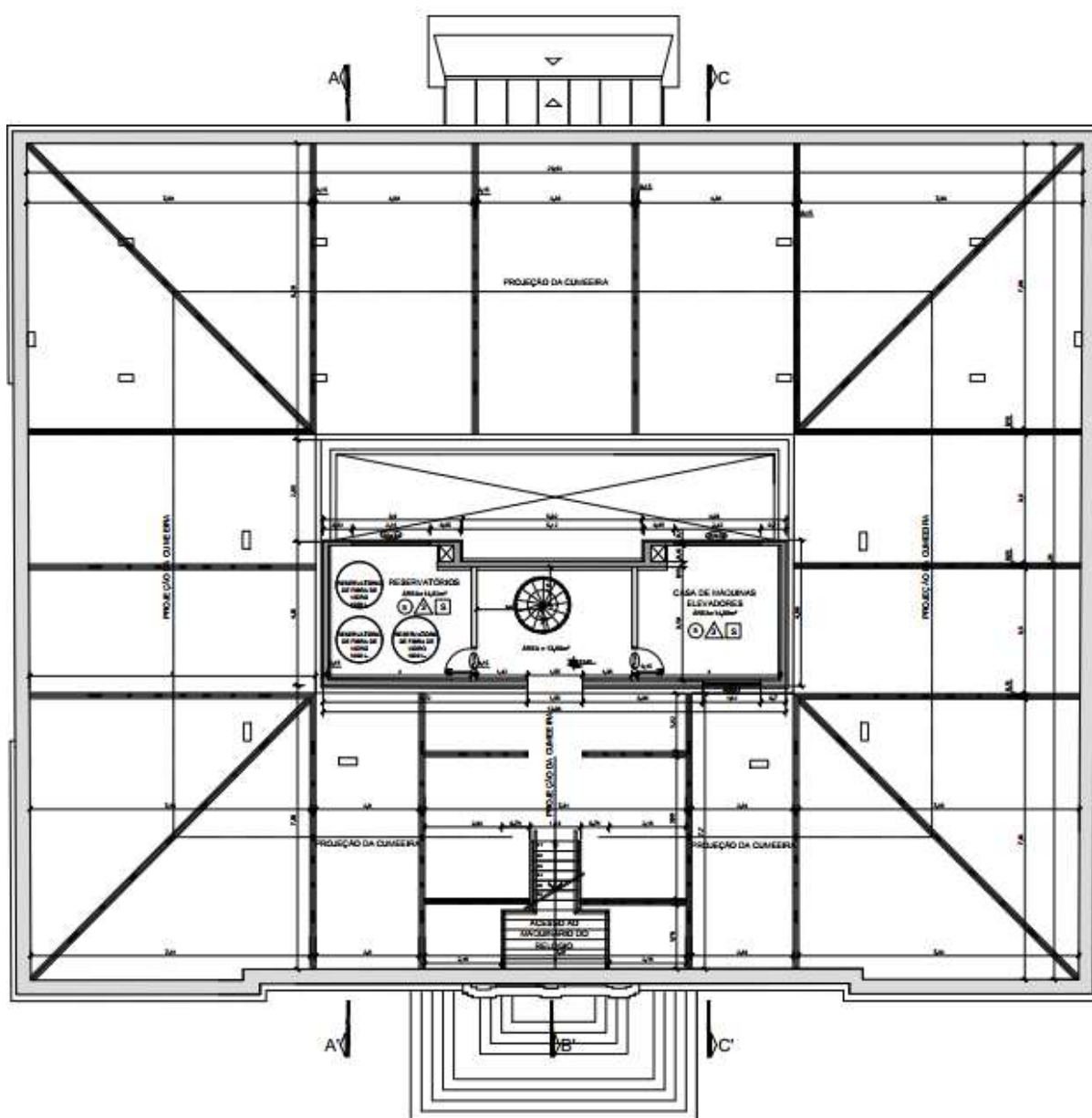
Figura 17 – Terceiro Pavimento



Fonte: SINFRAEE (2018)

O Prédio Centenário é uma edificação tombada, logo, há a orientação de manter os elementos internos como revestimentos e pisos. Como os elementos do projeto dependem da estrutura existente, o projeto deve usufruir das posições dos *shafts*, da localização dos reservatórios, das direções do caimento do telhado, da posição dos tubos de queda pluvial e dos traçados das instalações de água fria.

Figura 18 – Subcobertura



Fonte: SINFRAEE (2018)

Na subcobertura, encontram-se as áreas técnicas como sala de máquinas e reservatórios. A edificação conta com três reservatórios de 2.500 litros em uma sala de espaço reduzido, o que limita as interferências no local. Dessa forma, não há possibilidade de inserir mais um reservatório superior, limitando-se a apenas duas cisternas, pois ao menos uma deve atender às demandas potáveis da edificação.

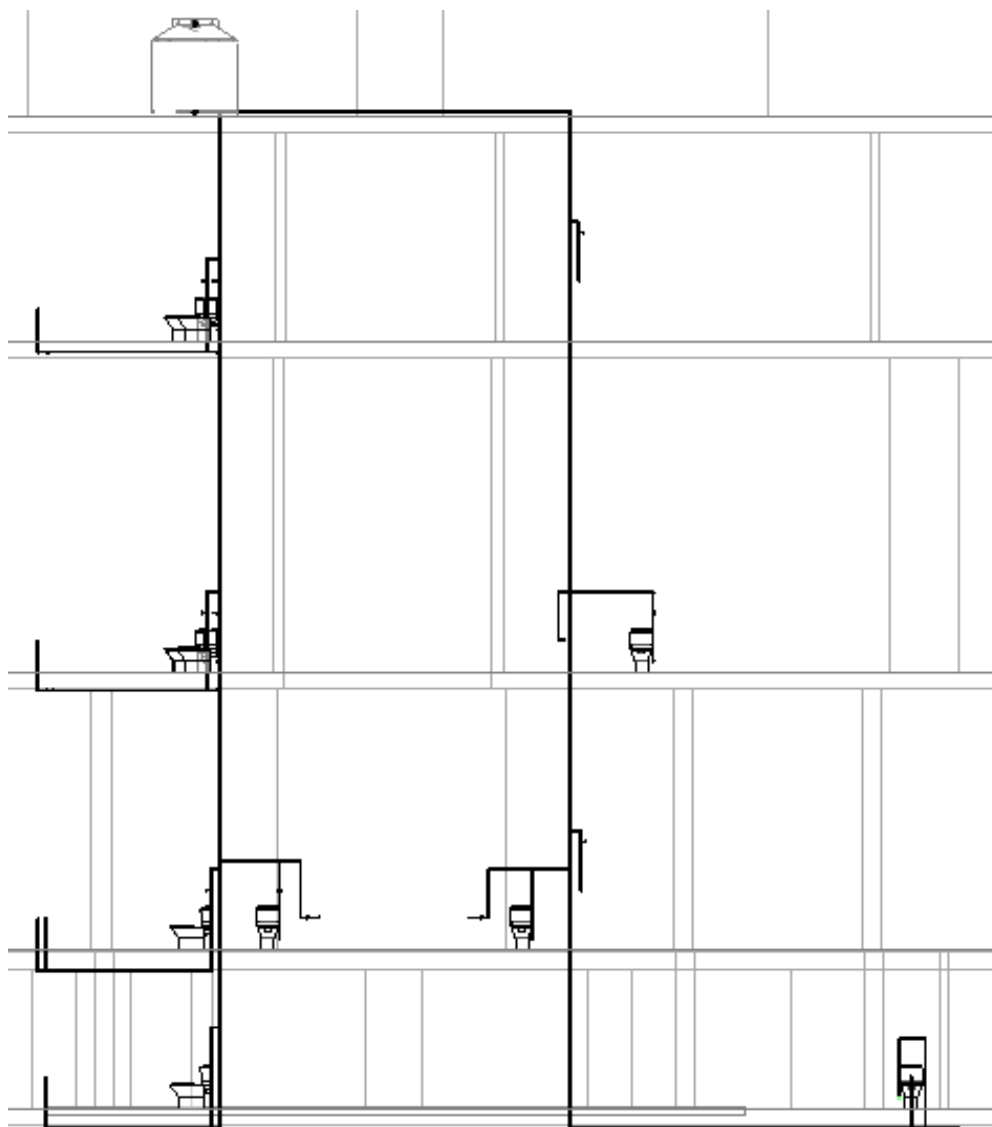
Figura 19 – Reservatórios superiores



Fonte: Autor (2019)

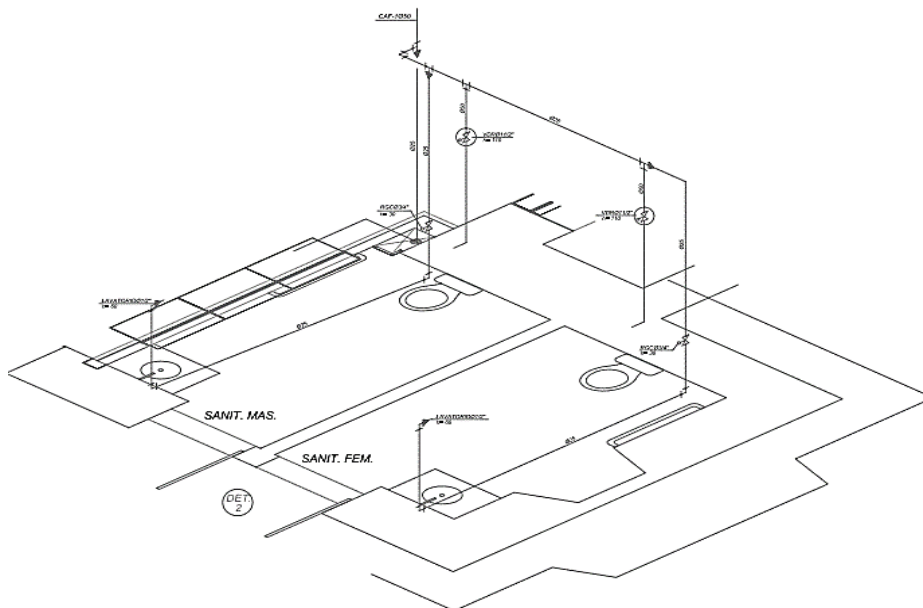
As instalações de água fria são divididas em duas prumadas após a saída de consumo do reservatório, pois os banheiros dos pavimentos estão localizados em posições simétricas, como se observa no corte da Figura 20.

Figura 20 – Distribuição dos vasos sanitários



Fonte: Elaborado pelo autor

Ao todo, o empreendimento conta com 18 bacias sanitárias do tipo duplo-fluxo da marca Incepa. A distribuição de água dentro dos banheiros é feita conforme estereograma da Figura 21.

Figura 21 – Exemplo de estereograma

Fonte: SINFRAEE (2019)

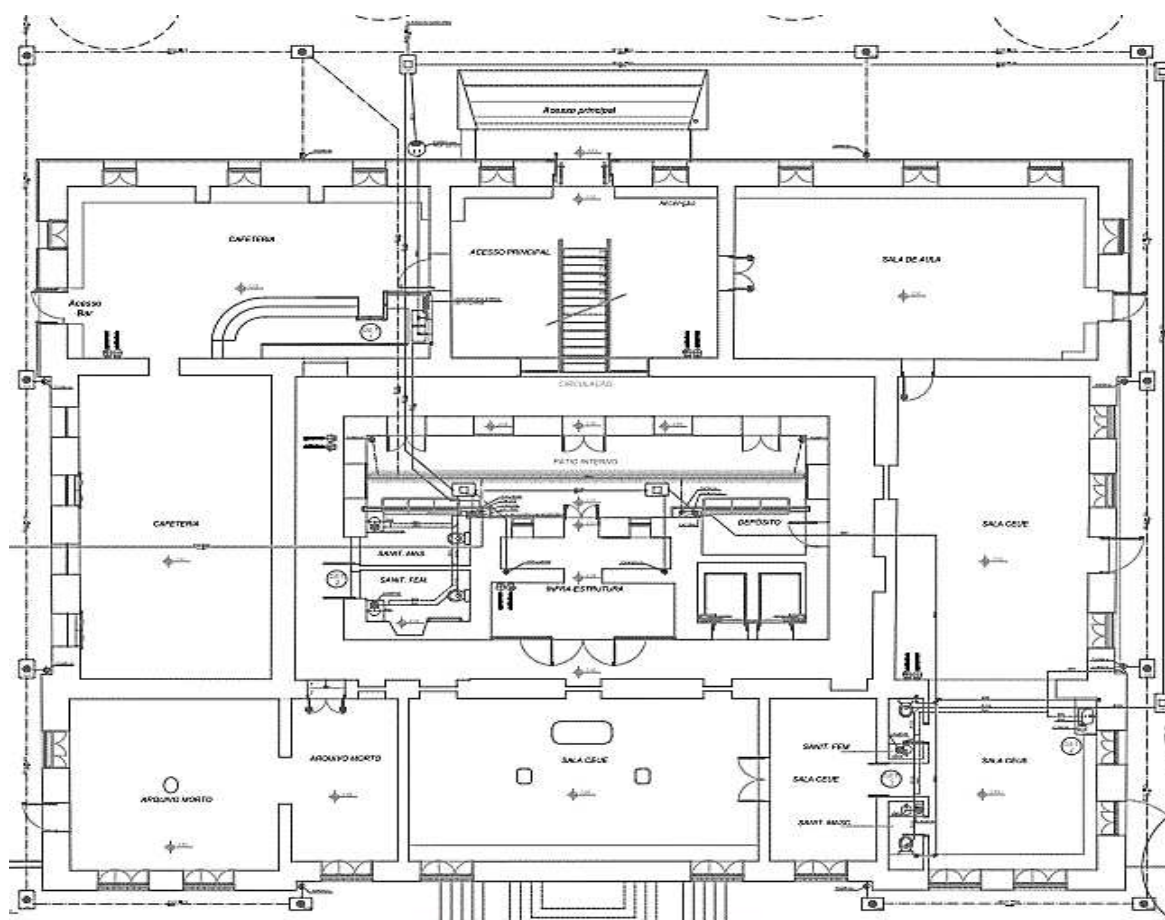
Visando também aproveitar as redes pluviais, foram analisados os projetos fornecidos. Como pode ser observado na Figura 22, as águas do telhado possuem dois sentidos, um escoar a água da chuva para o fosso de luz central e outro escoar para fora do empreendimento.

Figura 22 – Imagem aérea

Fonte: Google Maps

Das calhas existentes, a água é captada por tubos de queda que direcionam o escoamento para o nível térreo do campus. Como a Avenida Osvaldo Aranha apresenta cota mais elevada em relação à região interna do campus, as caixas de inspeção recebem o volume dos coletores verticais e escoam para a rede pluvial interna. A Figura 23 representa em linhas tracejadas a rede pluvial da edificação.

Figura 23 – Rede pluvial da edificação



Fonte: Secretaria do Patrimônio Histórico (2019)

5.2 Demanda

Além da proposta de aproveitamento de água da chuva, há um estudo de eficiência termo energética sendo realizado pelas empresas juniores da engenharia mecânica (OTMZA) e da engenharia de energia (Renova Jr.).

Para tanto, os grupos de estudo realizaram um levantamento de funcionários e bolsistas dentre as variadas atividades realizadas na edificação, ambos somam 111. A Tabela 8 exemplifica o levantamento realizado.

Tabela 8 – Levantamento termo energético

Zona Térmica	Iluminação			Pessoas			Equipamentos			
	Tipo	Quantidade	Potência [W]	Tipo	Quantidade	Atividade	Tipo	Quantidade	Potência [W]	Tipo
206	Fluorescente	24	32	Fixo	5	Trabalho Sedentário	Computador	6	1800	normal
				Bolsista	4	Trabalho Sedentário	Monitor	6	480	normal
				Visitante	10	Trabalho Sedentário	Impressora	1	45	meia lua
							Telefone	1	5	
207	Fluorescente	6	32	Fixo	3	Trabalho Sedentário	Computador	3	900	normal
				Visitante	5	Trabalho Sedentário	Monitor	3	240	meia lua
							Telefone	2	10	normal
							Impressora	1	45	
							Servidor	1	100	
							Notebook	1	120	
208	Fluorescente	12	32	Fixo	3	Trabalho Sedentário	Computador	3	900	normal
				Bolsista	1	Trabalho Sedentário	Monitor	3	240	normal
							Telefone	3	15	meia lua
209	Fluorescente	30	32	Fixo	8	Trabalho Sedentário	Impressora	2	90	normal
				Bolsista	2	Trabalho Sedentário	Monitor	15	1200	meia lua
							Computador	12	3600	normal

Fonte: OTMZA e Renova Jr (2019)

O número de visitantes foi estimado pela planilha de reservas de salas, fornecido pela administração do Prédio Centenário. A planilha considera o público que utiliza os auditórios, salas de aula, salas de reunião e realiza outras atividades esporádicas. A Tabela 8 exemplifica algumas das atividades marcadas entre outubro de 2017 e dezembro de 2018.

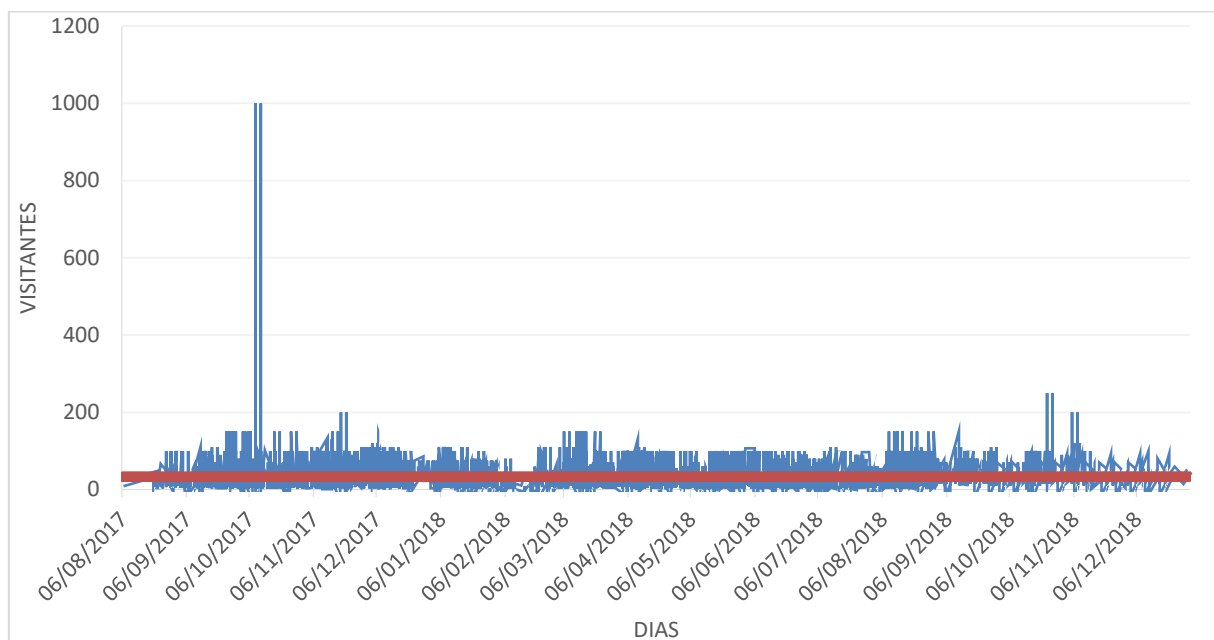
Tabela 9 – Atividades marcadas no Prédio Centenário

Título	Participantes	Início		Ambiente	Participantes
Disciplina Teoria Eletro Magnética Aplicada - Turma A	29	11/10/2017	10:30:00	SALA 106	29
Laboratório de Criação de Práticas Pedagógicas Significativas - Tur	35	11/10/2017	13:00:00		35
reunião bolsistas Incluir	6	11/10/2017	14:00:00	F(ICE)	6
Reunião PrintUp PRO	6	11/10/2017	14:00:00		6
Reunião Lourdes	10	11/10/2017	15:00:00	Sala 103	10
Reunião ONG Eng. sem fronteiras	15	11/10/2017	17:00:00	F(ICE)	15
teste	20	11/10/2017	17:00:00	POENTE	20
OTMZA - Reunião Geral	17	11/10/2017	17:30:00	Sala 103	17
Conferência do Núcleo de Direito Penal Internacional e Comparado:	60	11/10/2017	19:00:00	NASCENTE	60
Disciplina Teoria Eletro Magnética Aplicada - Turma A	29	13/10/2017	10:30:00	SALA 106	29
Regimes autocráticos e suas repercussões	15	13/10/2017	11:30:00		15
Grupo de estudos	5	13/10/2017	13:30:00	SALA 106	5
Atendimento pesquisador	2	13/10/2017	14:00:00	F(ICE)	2
treinamento software eagle - SINC	10	13/10/2017	17:30:00		10
Aulão de História Pré Vestibular CEUE	70	14/10/2017	08:30:00	F(ICE)	70
Curso de ANSYS	40	16/10/2017	08:30:00	SALA 106	40
Reuniao Incluir	6	16/10/2017	09:00:00	F(ICE)	6
Palestra GKN	50	16/10/2017	09:00:00	POENTE	50
Treinamento Empresa Júnior	40	16/10/2017	10:00:00	NASCENTE	40

Fonte: Administração Escola de Engenharia (2019)

O Gráfico 1 apresenta o número de participantes em atividades na sede ao longo do tempo.

Gráfico 1 – Frequência de visitantes ao longo do tempo



Fonte: Elaborado pelo autor

Em vermelho, destaca-se a linha de média de participantes, como há dias sem eventos, a média de tais visitantes é de 24 pessoas por dia.

Além das atividades marcadas pela administração, foi questionado à administração do café o número de atendimentos entre almoço e lanche, sendo em média 75 pessoas por dia.

Como o Prédio Centenário sedia o Centro de Estudantes Universitários de Engenharia (CEUE), adicionou-se também 50 visitantes por dia, visto que muitos estudantes frequentam o local nos períodos entre aulas. No total, foram considerados 149 visitantes.

Para estimar a demanda dos 111 funcionários e dos 149 visitantes diários, utilizou-se a ferramenta fornecida pelo USGBC citada no item 4.3. Considerou-se um tempo de funcionamento de 5 dias por semana (240 dias por ano) e que as bacias sanitárias são de duplo-fluxo, com valores de 3 L para fluxo lento e de 6 L para fluxo rápido, sendo que a calculadora considera um acionamento médio de 4 L por fluxo.

O USGBC adota uma frequência diária de três acionamentos por empregado e de um acionamento para cada dois visitantes. A calculadora estimou um consumo diário de 1.530 litros.

Tabela 10 – Resumo da ferramenta

Occupancy Type	Employees (FTE)	Visitors	Retail Customers	Residential	Gender Ratio (%)
Total	111	99			100%
Male	56	50	0	0	50%
Female	55	49	0	0	50%

For projects with dual-flush toilets

Low flush (lpf)	3
Full flush (lpf)	6
LEED weighted average flush rate (lpf)	4.00

Fixture Information				Uses per Day		
Fixture ID	Fixture Family	Fixture Type	Design Flush Rate (lpf)	Employees (FTE)	Visitors	Design (liters)
1	Toilet (male)	Dual-Flush Water Closet	4.00	3.0	0.5	772
2	Toilet (female)	Dual-Flush Water Closet	4.00	3.0	0.5	758

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3 Cenários

5.3.1 Cenário A: Reservação superior

O Cenário A propõe a forma mais simples de captar a água da chuva, que avalia aproveitar o caimento do telhado central, coletar o conteúdo retido nas calhas e alimentar o reservatório superior.

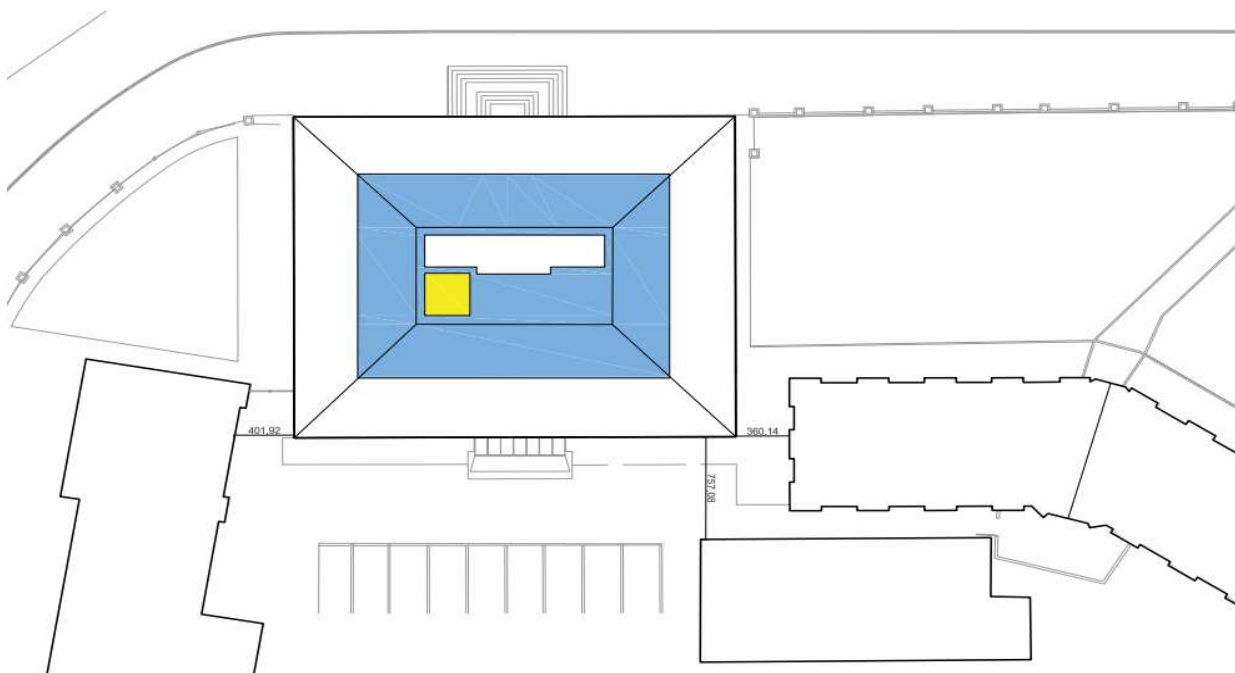
Os reservatórios superiores existentes se situam na área central do edifício (em amarelo na Figura 24), o que poderia otimizar a captação da água que escoar em direção ao poço de luz. A possível vantagem dessa opção é que o custo de implantação seria reduzido, pois a interferência na edificação seria pontual, tratando-se de inverter o sentido da calha central, direcionando-a para a área em azul e conectando na alimentação do reservatório.

Por outro lado, o caimento das águas do telhado impossibilita (ou torna inviável) captar a parcela que flui para as extremidades. Essas condicionantes reduzem a área de contribuição (290 m³), representada em azul na Figura 24.

Como as águas do telhado escoam metade na direção do poço e metade para as extremidades, a contribuição pluvial também será praticamente reduzida à metade. Nesse cenário, o armazenamento também será reduzido, pois apenas poderia contar com um ou dois dos reservatórios existentes.

Posteriormente, no item 5.9 Eficiência do sistema, serão ponderados para o cálculo de aproveitamento do consumo justamente as variáveis volume de captação e volume de reservatório. Assim, considerando que não se aproveitará todo o volume de chuva disponível e que a reserva se restringirá a uma reserva de 2.500 a 5.000 litros, após a instalação, o aproveitamento será reduzido.

Figura 24 – Esquema do Cenário A



Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.2 Cenário B: Reservação superior e inferior

O Cenário B é um estudo que visa encontrar uma alternativa para as limitações do Cenário A, aumentando o volume de reservação e a área de captação. Isso é possível de ser realizado utilizando os tubos de queda pluviais existentes, que já recebem toda a água retida no telhado e direciona para a rede do campus. A

interferência ocorrerá ao direcionar a água para um reservatório inferior (em laranja na Figura 25) e ao recalcar para um reservatório superior, em amarelo.

Essa opção é vantajosa, pois considera toda a água da chuva que o edifício é capaz de captar para, em seguida, armazená-la em um reservatório maior. Combinando essas duas variáveis, de forma majorada, pode-se resultar em um aproveitamento eficaz. Além disso, o reservatório inferior pode receber a água da chuva captada por outros edifícios do campus como o Château, que não possui caixa *d'água superior, condição que inviabiliza a realização de projeto de aproveitamento* de água da chuva. Ou então, o reservatório inferior poderia ser usado como reserva caso algum outro edifício, como o da Escola de Economia, futuramente opte por instalar o mesmo sistema.

As áreas de captação consideradas foram:

- Centenário: 690 m²;
- Château: 182 m²;
- Sala de manutenção: 144 m².

Apenas a metade oeste do telhado do Château foi considerado, pois a declividade do terreno no local é favorável para escoar os condutores horizontais até a rede do Prédio Centenário. Foram considerados alguns subcenários para avaliar o atendimento da demanda, a área de captação dos estudos são:

- B1 - projeção do telhado do próprio Prédio Centenário;
- B2 - B1 acrescido metade da projeção de telhado do Château;
- B3 - B2 acrescido projeção do telhado da sala de manutenção.

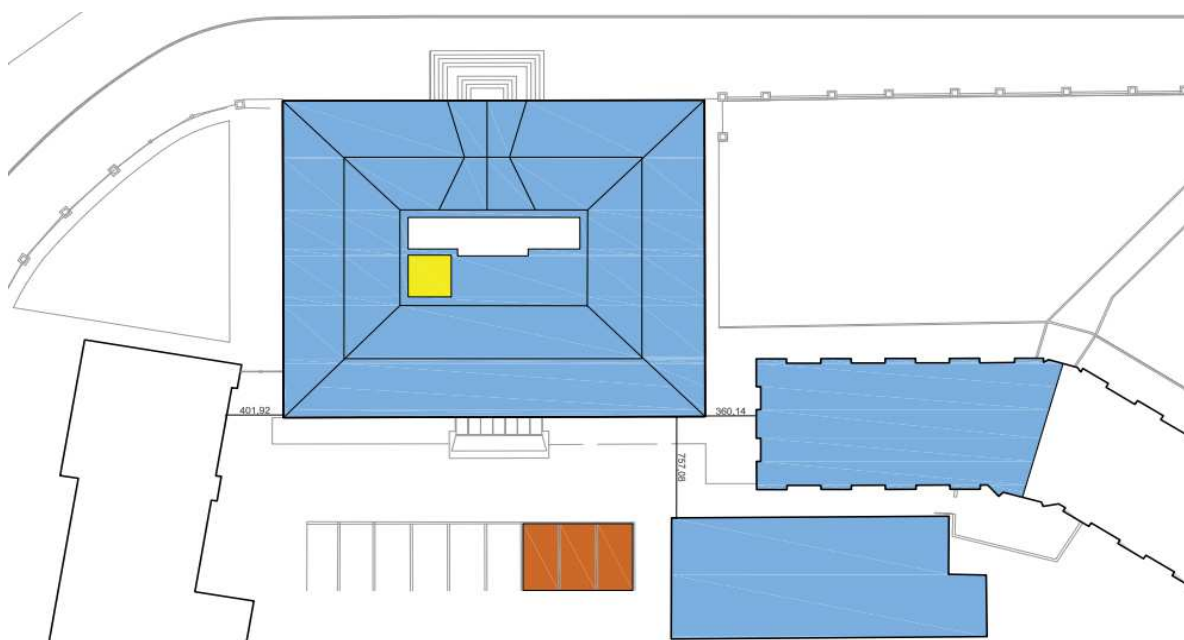
Com a finalidade de verificar se há significativo incremento na eficiência do sistema quando há aumento na reserva, considerou-se duas capacidades de reserva: considerou-se os cenários B com reserva de 8.500 litros (6.000 litros no *reservatório inferior e 2.500 litros no reservatório superior*) e os cenários B' com 12.500 litros (10.000 litros no reservatório inferior e 2.500 no reservatório superior).

Tabela 11 – Reservas e áreas de captação para os estudos de cenários

Sistema	Reserva (L)	Área (m ²)
B1	8500	690
B1'	12500	690
B2	8500	872
B2'	12500	872
B3	8500	1016
B3'	12500	1016

Fonte: Elaborado pelo autor

A possível desvantagem do Cenário B é o custo de implementação, pois, ao implementar um reservatório inferior, há incremento no orçamento, pois reservatórios possuem boa representatividade nos custos globais. Além disso, há também a necessidade de instalar uma bomba para recalque, além de conexões e tubulações adicionais.

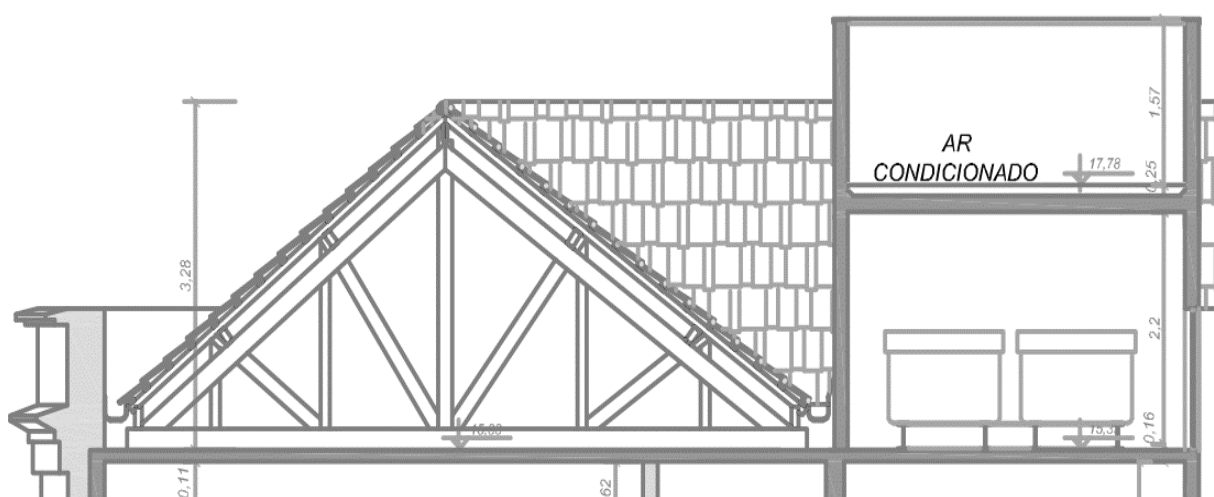
Figura 25 – Esquema do Cenário B

Fonte: Elaborado pelo autor

5.4 Viabilidade Técnica

Após a realização dos estudos de cenários, verificou-se a viabilidade de implementação. Observou-se, que os reservatórios superiores estão localizados no mesmo nível das calhas da subcobertura, logo, não é possível alimentar os reservatórios superiores por gravidade, sendo necessário instalar um reservatório inferior e recalcar novamente para a reserva superior. Como esse procedimento é o mesmo previsto para o Cenário B, entende-se que não há viabilidade técnica para o Cenário A.

Figura 26 – Corte reservatórios



Fonte: SINFRAEE (2018)

Além de a área técnica estar situada na mesma cota do telhado, observou-se uma limitação no espaço, o que poderia dificultar a implementação da estação de tratamento e a inserção de filtros.

O Cenário B não apresentou empecilhos técnicos, porém ressalta-se a importância de compatibilizar o reservatório inferior de tal forma que viabilize a conexão com a rede do campus, assim, a posição do reservatório ou, caso falte espaço, as dimensões consideradas em projeto podem sofrer alteração. Será analisada a viabilidade econômica do projeto na seção 5.10.

5.5 Projeto

5.5.1. Normas e Diretrizes

Foram consideradas as normas relacionadas ao dimensionamento, disposição e concepção adequados para os tipos de fluidos transportados, citadas a seguir:

- NBR 5626/1998 - Instalação Predial de Água Fria.
- NBR 10844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais.
- NBR 15527/2019 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

Foi também utilizada a tese de doutorado do professor Fernando Dornelles (2012), que introduz as características do sistema e apresenta uma metodologia de dimensionamento de reservatório baseada em simulação numérica pelo Método de Monte Carlo.

Como já existem instalações hidrossanitárias no local, o projeto não contempla rede de esgoto sanitário, ou seja, considera apenas a captação de água da chuva e a distribuição da mesma.

5.5.2. Tratamento

Como informado no item 5.3.2, propõe-se direcionar a rede pluvial existente para um reservatório de água bruta. A fim de reduzir o impacto sobre a rede pluvial do campus, optou-se por adotar soluções que rebaixassem minimamente o nível de saída da tubulação. Inicialmente pensou-se em implementar um reservatório de descarte para 2 mm de primeira chuva (vide NBR-15.527-2019, ABNT 2019), porém a saída para o reservatório ficaria baixa.

Dessa forma, indica-se implementar um sistema automatizado para o descarte da primeira água. O equipamento apresentado no item 4.4.2 possui um

sistema de filtragem do material grosseiro e realiza o descarte dos 5 primeiros minutos de chuva de forma automática.

Após o descarte inicial, a água deve ser armazenada em um reservatório de água bruta para, na sequência, ser tratada. Inicialmente pensou-se em implementar um filtro lento de areia, porém essa estratégia também rebaixaria a conexão da rede. A solução indicada foi adotar uma estação de tratamento de água da chuva (ETAC), apresentada no item 4.4.2.

Como os cenários B2 e B3 possivelmente aumentam a área de captação da rede do Prédio Centenário, foi realizado o dimensionamento dos condutores horizontais de acordo com a orientação da NBR 15.527 (ABNT, 2019) que orienta adotar um período de retorno de 25 anos. Para tanto, utilizou-se a Tabela 28 da NBR 10.844 (ABNT, 1989):

Tabela 12 – Capacidade de condutores horizontais (L/min)

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

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.

Fonte: NBR 10844, 1989

A vazão de projeto é calculada pela equação:

$$Q = \frac{I \times A}{60}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

Para a região do projeto, foi utilizada a curva IDF da Redenção:

$$I = \frac{1265,67 \times TR^{0,052}}{(td + 12)^{\frac{0,88}{TR^{0,05}}}}$$

Onde:

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

TR = tempo de retorno, em anos;

td = duração da precipitação, em minutos.

Para um TR de 25 anos, a intensidade pluviométrica é 179,1 mm/h. Assim, os diâmetros e as inclinações ficam:

Tabela 13 – Diâmetro e inclinação dos condutores horizontais

	A (m ²)	Q (L/min)	D (mm)	i (%)
B1 e B1'	690	2060,1	200	2
B2 e B2'	872	2603,5	250	1
B3 e B3'	1016	3033,4	250	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Também se faz necessário verificar se as calhas e os condutores verticais atendem à intensidade pluviométrica do período de retorno. Como nas pranchas fornecidas não há especificações sobre a largura e a altura da calha instalada, considerou-se uma calha de seção retangular de 20 cm de largura e 15 cm de altura

com inclinação de 0,5%. Para se obter a vazão admissível pela calha, foi utilizada a seguinte equação:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{1/2}$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

K = 60.000, adimensional;

S = área da seção molhada, em m²;

n = coeficiente de rugosidade, 0,011 para aço;

R_h = raio hidráulico, em m;

i = inclinação da calha, em m/m.

Por simplificação, adotou-se a mesma área de contribuição para as canaletas externas, dividindo-se a área total pelo número de calhas. A Tabela 14 apresenta o resultado do dimensionamento.

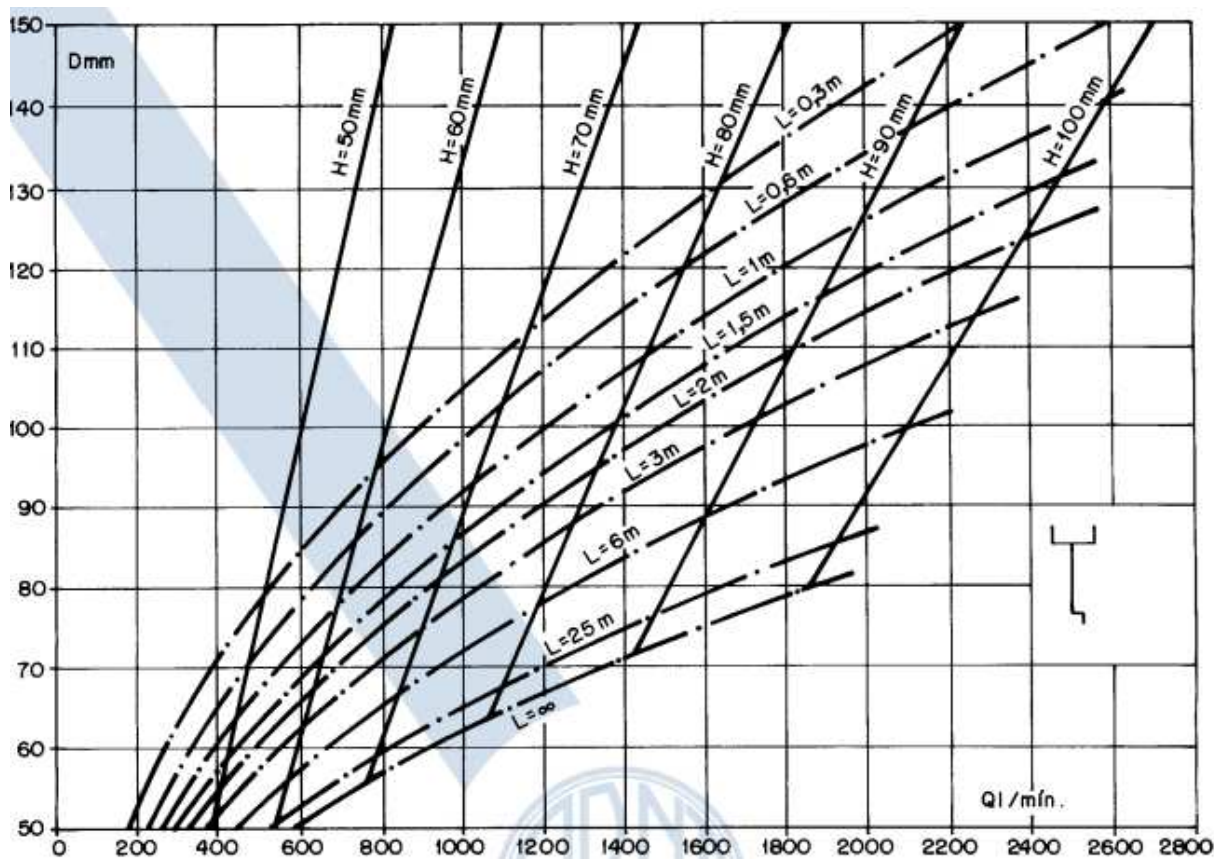
Tabela 14 – Vazão de projeto das calhas

	Área total (m ²)	Calhas	Área (m ²)	Q (L/min)	Largura (m)	Altura (m)	S (m ²)	P (m)	Rh (m)	Qproj (L/min)
Calhas centrais	290	2	145	432.9	0.2	0.15	0.03	0.5	0.06	1773.4
Calhas externas	400	8	50	149.3	0.2	0.15	0.03	0.5	0.06	1773.4

Fonte: Elaborado pelo autor

O dimensionamento dos condutores verticais foi realizado utilizando o gráfico indicado pela NBR 10844 (ABNT, 1989) e considerou a mesma simplificação considerada na verificação das calhas.

Figura 27– Ábaco de condutores verticais



Fonte: NBR 10844, 1989

A Tabela 15 apresenta o resultado do dimensionamento.

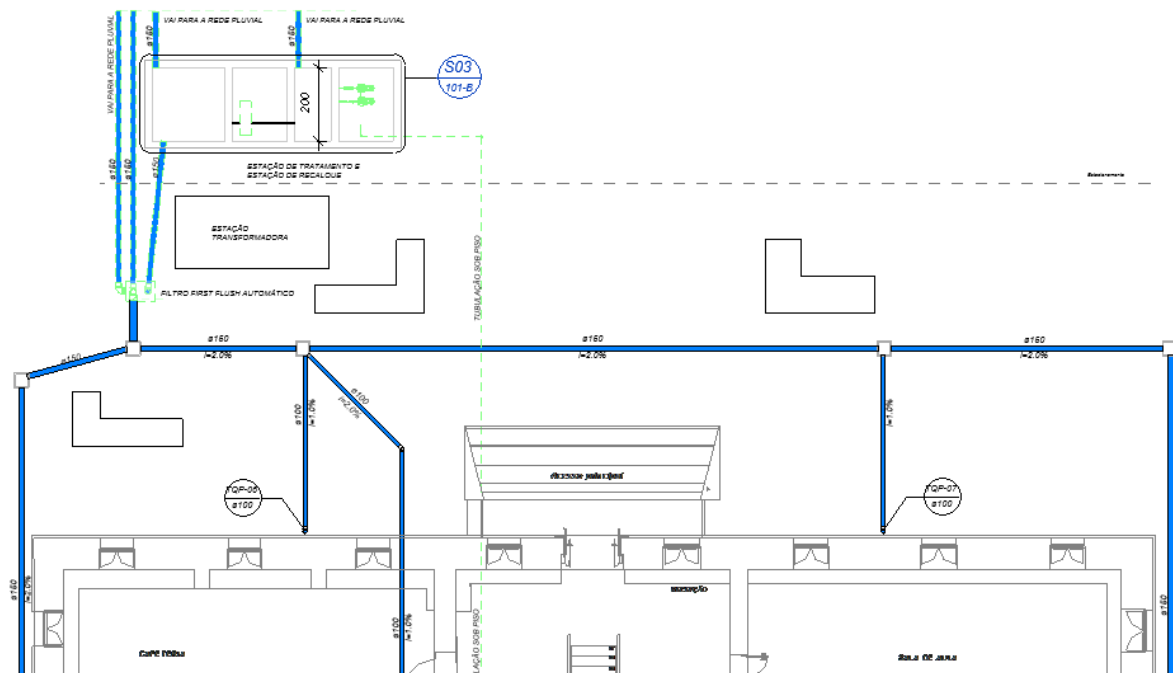
Tabela 15 – Verificação condutores verticais

	Área total (m ²)	Condutores	Área unitária (m ²)	Q (L/min)	DN (mm)
Calhas centrais	290	2	145	432.9	100
Calhas externas	400	10	40	119.4	100

Fonte: Elaborado pelo autor

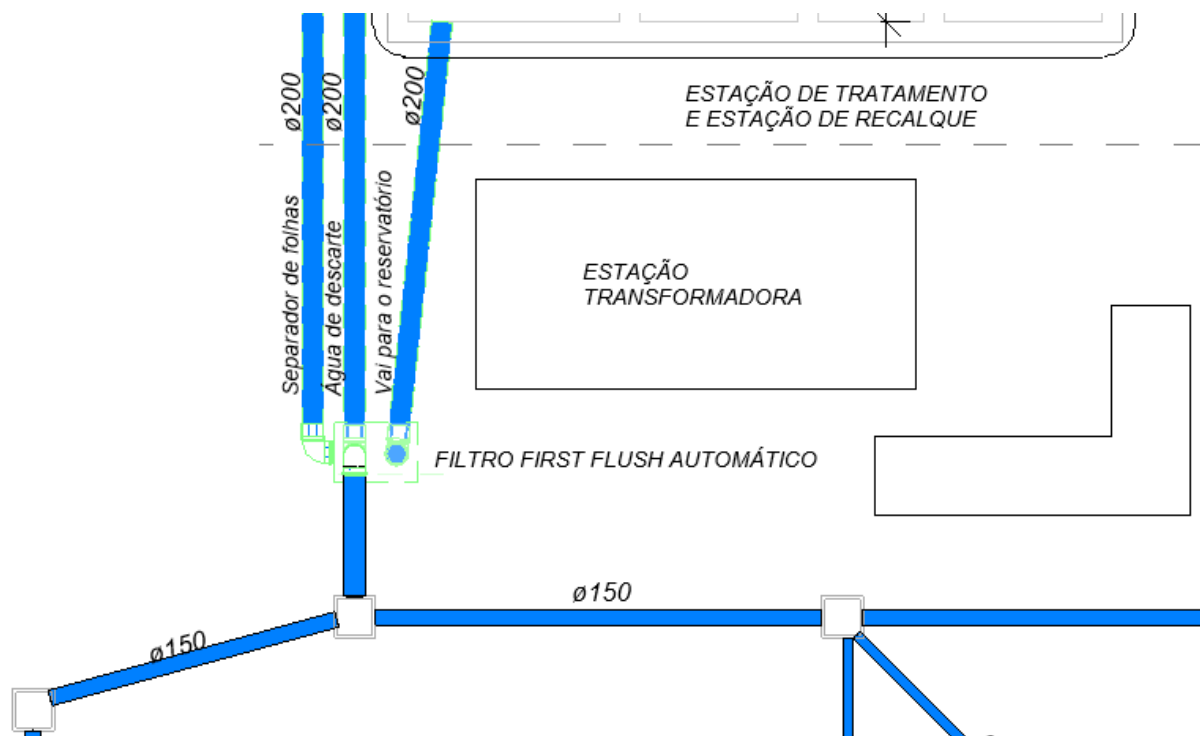
Os traçados encaminhamento pluvial seguem nas figuras a seguir:

Figura 28 – Traçado do desvio da rede



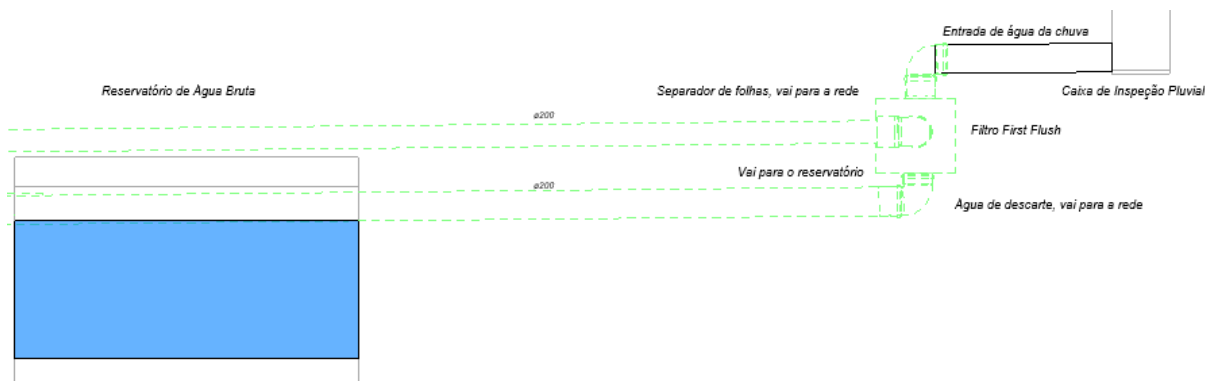
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 29 – Detalhe das saídas do Filtro First Flush



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 30 – Vista do filtro de descarte da primeira água



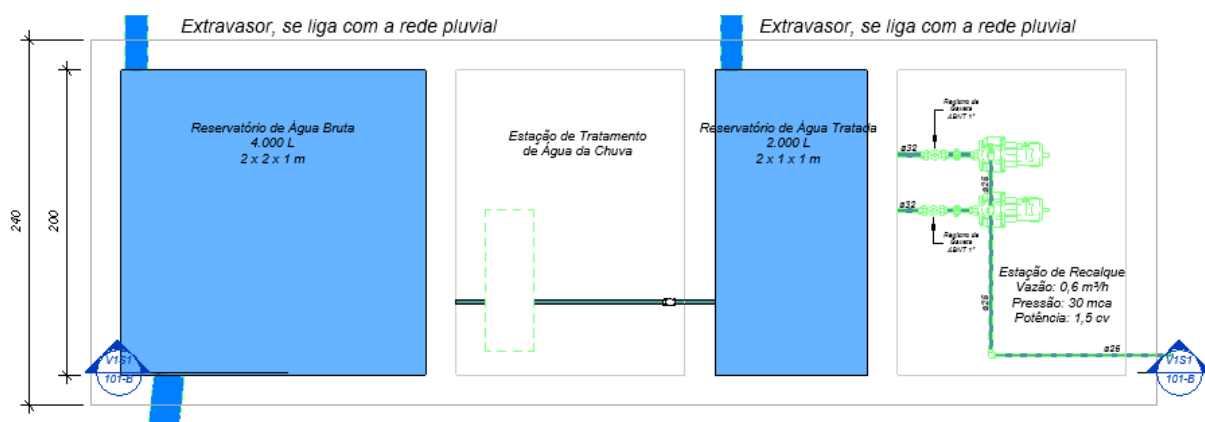
Fonte: Elaborado pelo autor

5.5.3. Reservatório inferior

Uma das premissas da ETAC é que os reservatórios de água bruta e de água tratada estejam na mesma cota. Foi considerado um reservatório de água bruta de 4.000 litros com dimensões 2 x 2 x 1 m e um reservatório de água tratada de 2.000 litros com dimensões 1 x 2 x 1 m. *No caso de cenários B', as reservas indicadas são de 6.000 L (3 x 2 x 1 m) para água bruta e de 4.000 L (2 x 2 x 1 m) para a reserva tratada.*

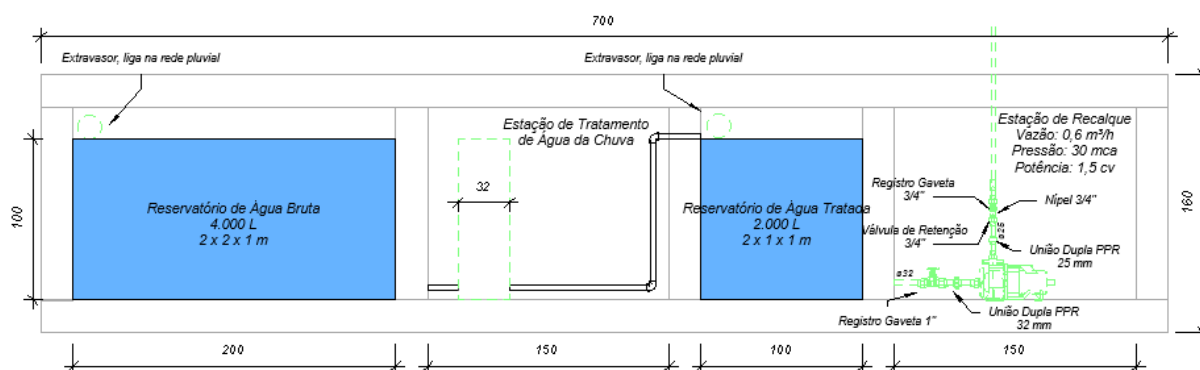
A fim de tornar os elementos mais compactos, a mesma estrutura será utilizada para a estação de tratamento e para a estação de recalque.

Figura 31 – Reservatório inferior



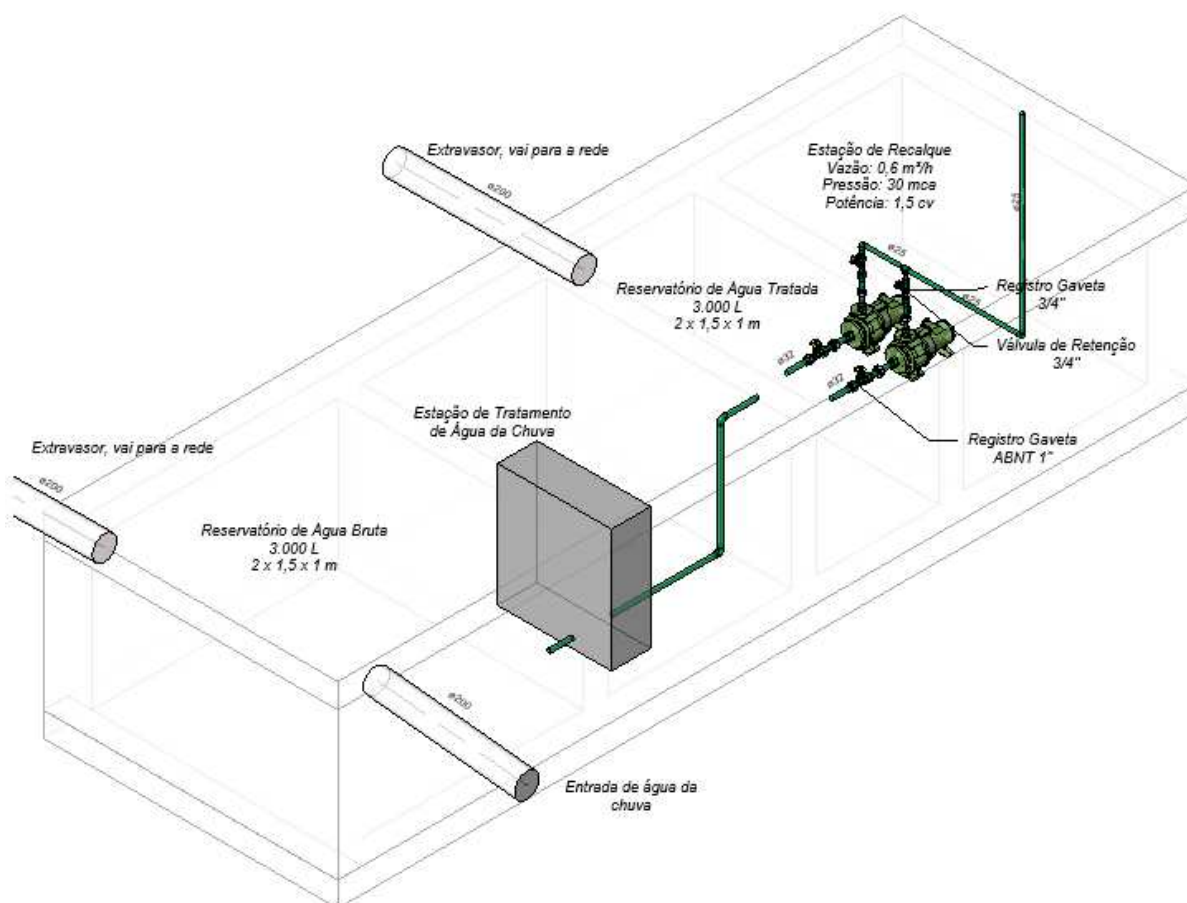
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 32 – Corte dos reservatórios inferiores



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 33 – Esquema 3D dos reservatórios inferiores



Fonte: Elaborado pelo autor

5.5.4. Recalque

Após tratamento, o volume tratado é armazenado em um reservatório à jusante. Em aproveitamento pluvial, é indicado deixar os reservatórios inferiores vazios para que se contenha o maior volume de chuva possível, assim, o sistema de recalque foi dimensionado para o pior caso, que considera o reservatório superior vazio. Dessa forma, o volume a ser recalcado é a capacidade do reservatório superior.

Para se obter a vazão de recalque foi utilizada a equação abaixo:

$$Q_r = \frac{V_{rs}}{T_{fun} \times 3600}$$

Tal que:

V_{rs} = volume do reservatório superior, em m³;

Q_r = vazão de recalque, em m³/s;

T_{fun} = tempo de funcionamento das bombas, em horas/dia.

Adotou-se um tempo de operação da bomba de 2 horas, resultando em uma vazão de recalque de 0,00035 m³/s.

Para a determinação do diâmetro da tubulação de recalque foi utilizada a fórmula abaixo:

$$D_r = 1,3 \times \sqrt{Q_r} \times \sqrt[4]{F_{fun}}$$

Onde:

D_r = diâmetro interno da tubulação de recalque, em m;

Q_r = vazão de recalque, em m³/s;

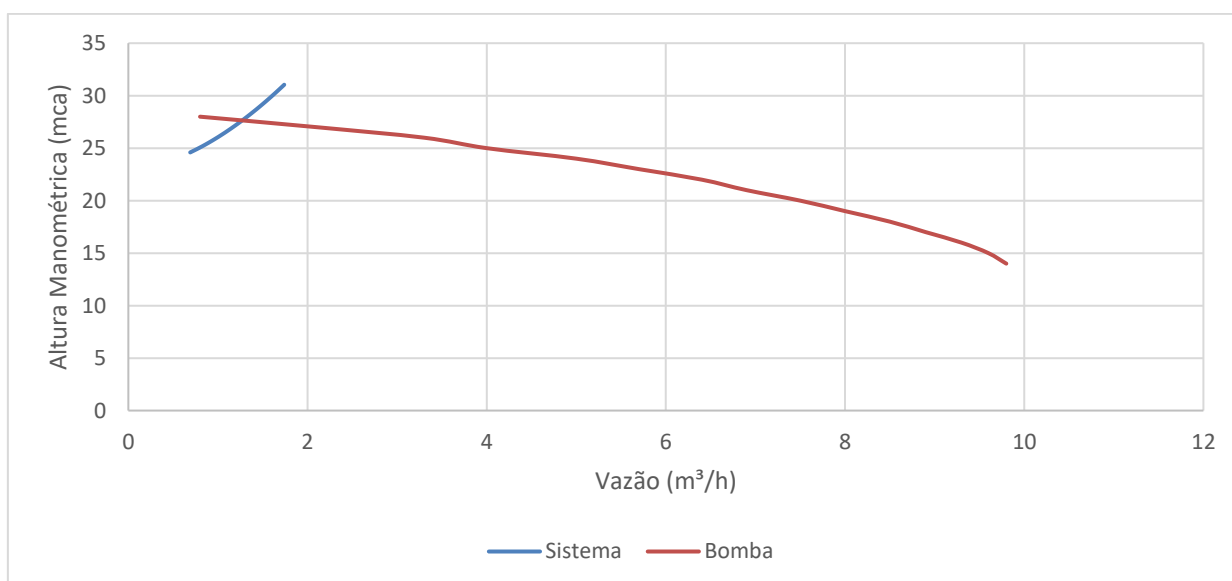
F_{fun} = fator de funcionamento diário, representado por $F_{fun}/24h$, adimensional.

Como $D_r = 13$ mm, foi adotada a tubulação PPR PN 20 de diâmetro nominal 25 mm (diâmetro interno de 18 mm). Para a tubulação de sucção, foi adotado o primeiro diâmetro comercial superior, de 32 mm (diâmetro interno de 23,2 mm).

O conjunto motor-bomba tem como finalidade abastecer o reservatório superior, que está a uma diferença de cota de 23 m em relação ao reservatório inferior. Para o seu dimensionamento, foram modeladas as tubulações de sucção e recalque e calculadas as perdas de carga para diferentes valores de vazão, de 0,69 m³/h até 1,53 m³/h, reconhecendo assim a curva do sistema.

Baseado nestes parâmetros, foi escolhida a bomba SHX1C $\frac{3}{4}$ cv da SOMAR e plotado os gráficos do sistema e da bomba, para ser encontrado o ponto de funcionamento do sistema. O Gráfico 3 mostra em laranja a curva do sistema e em azul, a curva da bomba.

Gráfico 3 – Curva de Vazão X Altura Manométrica



Fonte: Elaborado pelo autor

Como esperado, o sistema possui uma vazão muito baixa para os catálogos de motobombas, logo, a operação ocorrerá na vazão mínima de 1,25 m³/h da motobomba.

Para esta vazão temos as seguintes velocidades do fluido na sucção e recalque:

$$V_{sucção} = \frac{Q}{A}$$

De tal forma que a velocidade do sistema fica 0,84 m/s para a sucção e 1,36 m/s para o recalque, atendendo ao intervalo de 0,6 e 3 m/s.

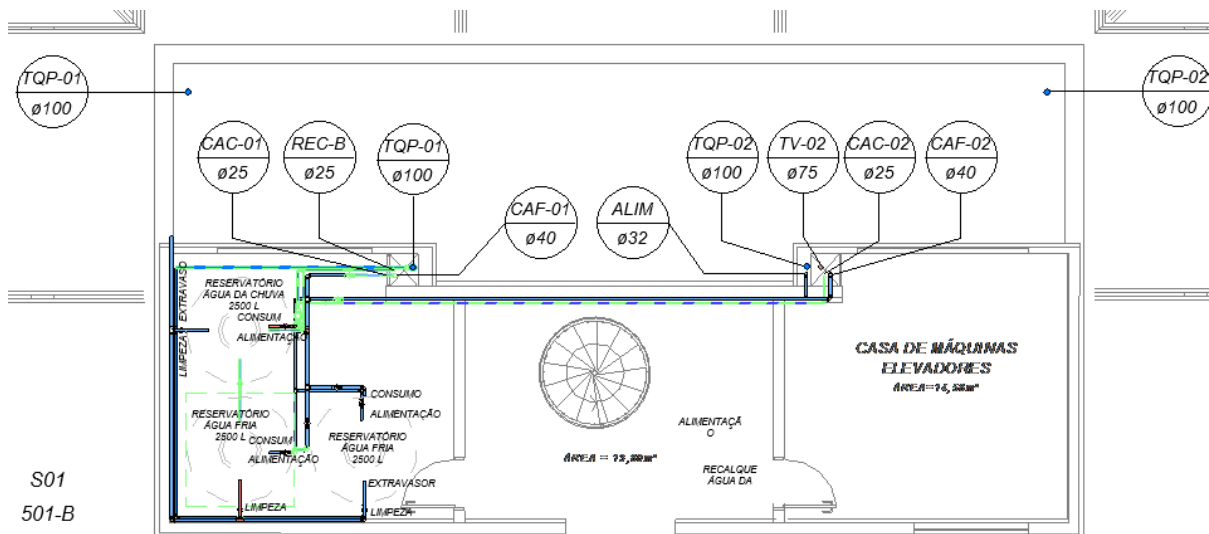
5.5.5. Reservatório Superior

Em projeto, apenas um reservatório superior existente será utilizado como reserva de águas pluviais, porém algumas especificidades do sistema merecem atenção. É uma boa prática conectar o extravasor da caixa de água potável na caixa de água da chuva com o objetivo de aproveitar o volume extravasado, porém a ligação entre as caixas de água fria e da chuva deve ser realizada evitando a contaminação da água potável pela água da chuva. Nesse caso, deve-se cuidar para que a chegada do extravasor na caixa de água pluvial esteja em nível acima do extravasor da caixa com água pluvial.

A fim de manter o regular atendimento das bacias sanitárias, deve-se prever o backup do reservatório de águas pluviais, mantendo o abastecimento do reservatório de água da chuva com água potável. Para que isso ocorra de forma eficiente, a torneira com boia deve estar configurada de tal forma que, quando a altura de água baixar de 35 cm, o backup seja acionado. Esse abastecimento também deve *ser feito com um freio d'água, que evita a agitação de partículas sólidas já decantadas* no fundo do reservatório.

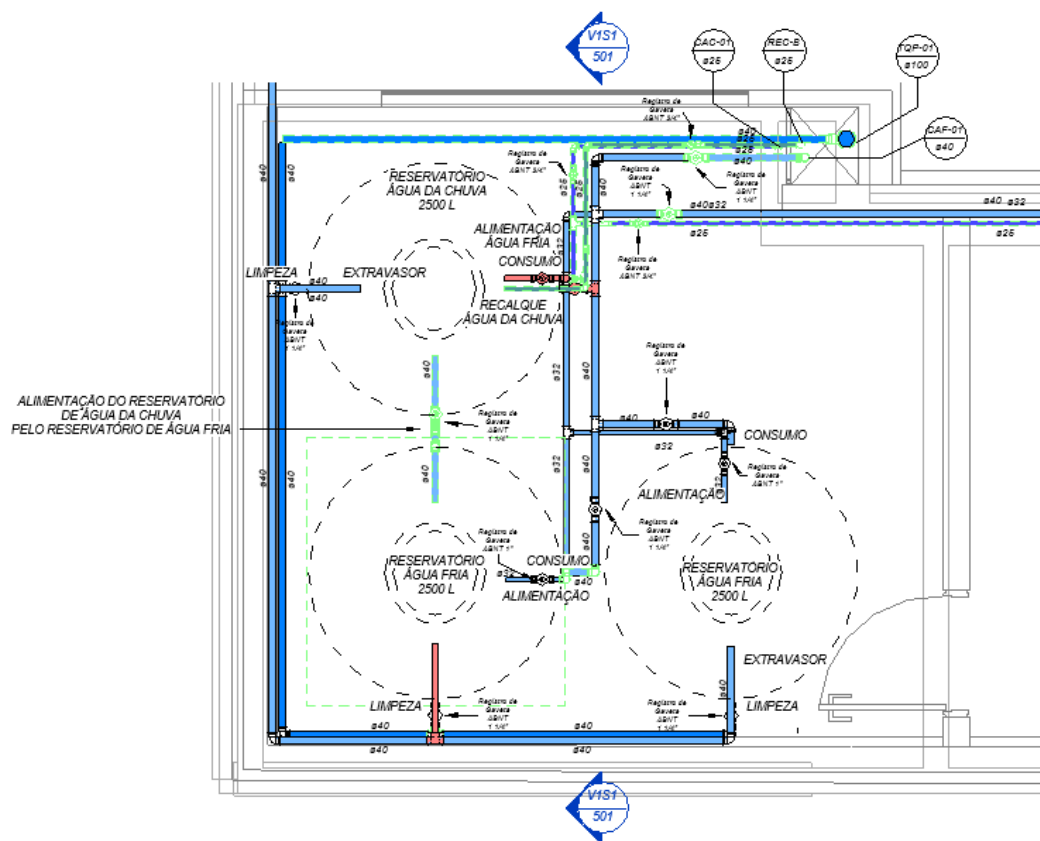
A saída para uso da caixa pluvial deve ser realizada por uma boia mangueira, que é um conduto flexível amarrado a uma boia, de forma que a captação da água *seja feita a aproximadamente 15 cm abaixo da lâmina d'água, evitando absorver sólidos decantados no fundo e impurezas da superfície.*

Figura 34 – Representação geral das instalações do reservatório superior



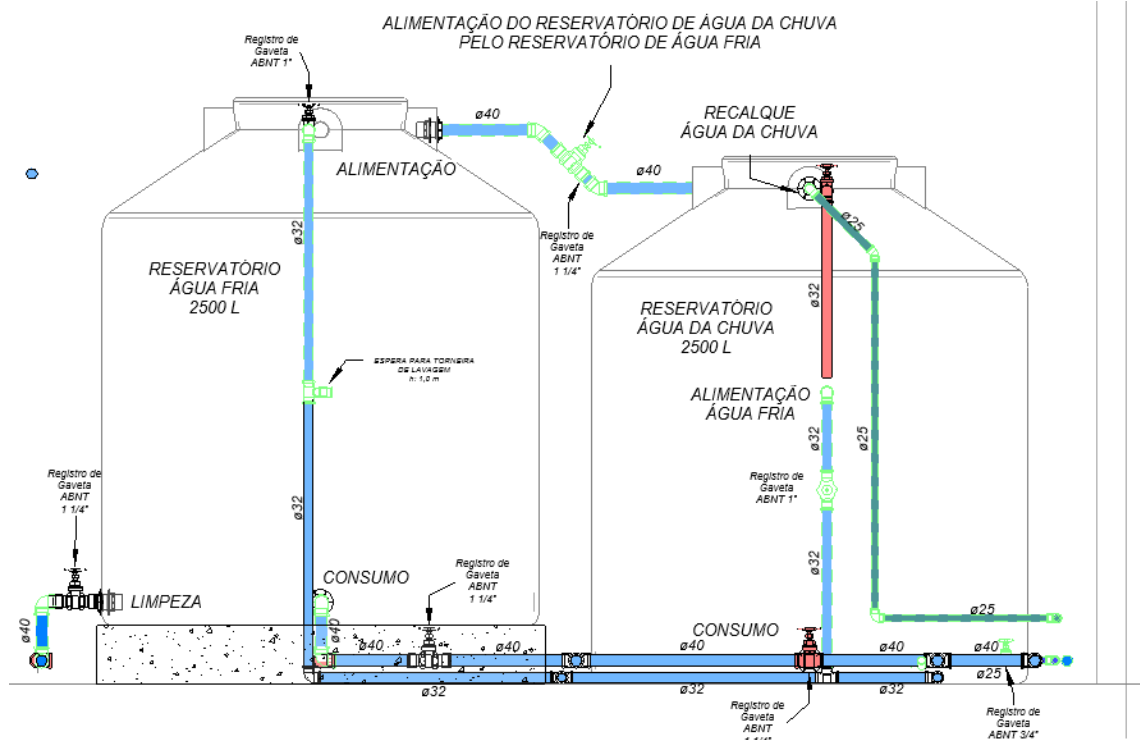
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 35 – Reservatório superior



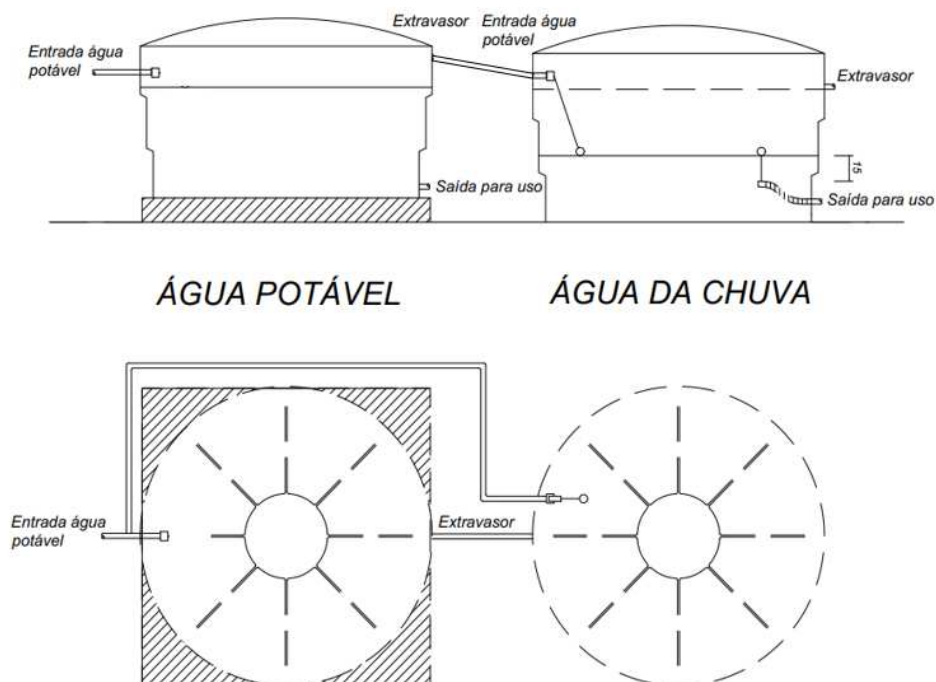
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 36 – Corte do reservatório superior



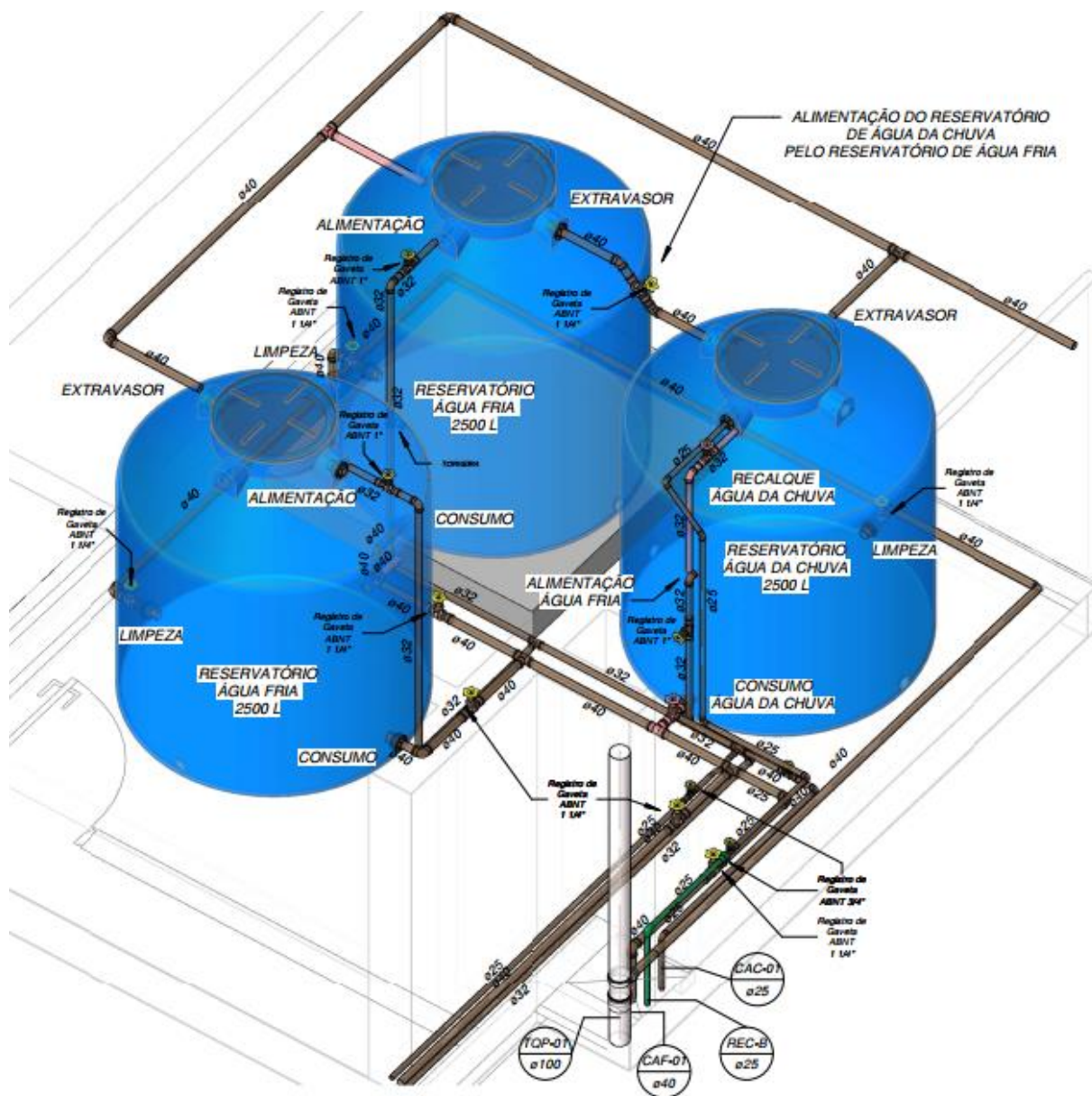
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 37 – Detalhe do aproveitamento do extravasor de água fria



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 38 – Modelo 3D dos reservatórios superiores



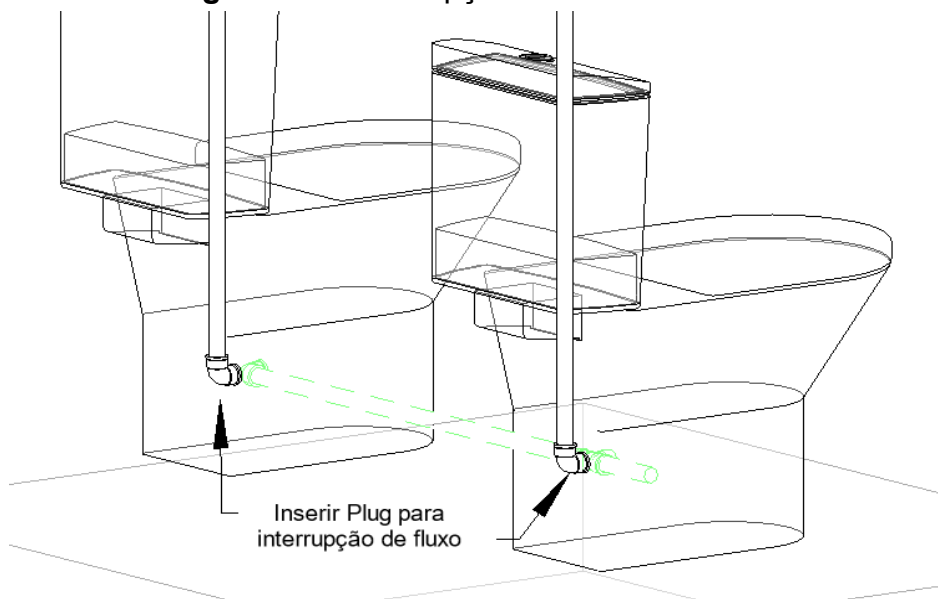
Fonte: Elaborado pelo autor

5.5.6. Consumo

É importante ressaltar que o consumo de águas pluviais será limitado às descargas das bacias sanitárias; para que isso ocorra, a rede de água da chuva deve ser independente da rede de água fria.

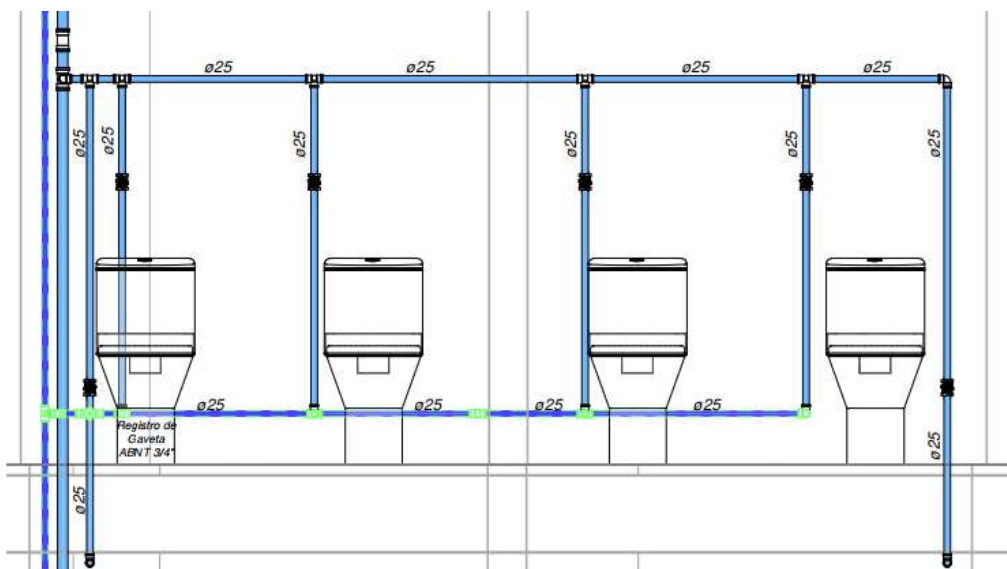
A fim de resguardar os elementos arquitetônicos da edificação, visando a conservação histórica e diminuição dos custos de implantação, optou-se por implementar tubulações aparentes. Dessa forma, a tubulação existente poderá ser interrompida no encaixe com o vaso sanitário como indica a figura a seguir.

Figura 39 – Interrupção da rede existente



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 40 - Exemplo de traçado



Fonte: Elaborado pelo autor

A fim de se discernir uma rede da outra, a tubulação de água da chuva deve ser pintada ou sinalizada.

Como está previsto apenas o abastecimento de bacias sanitárias do tipo caixa acoplada, entende-se que o funcionamento dos equipamentos não é motivo de grandes preocupações uma vez que o acionamento requer uma pressão mínima inferior à 10 kPa, como será visto no item 5.5.1.3.

De qualquer forma, foi realizado o dimensionamento da perda de carga para o caso mais crítico, que é o banheiro do terceiro pavimento, imediatamente abaixo do reservatório superior. Para tanto, utilizou-se a NBR 5626 (ABNT, 1998), cuja metodologia se baseia na demanda provável estimada pela teoria dos pesos relativos ou na associação de vazões típicas, quando há possibilidade de uso simultâneo dos aparelhos.

5.5.1.1 Vazão

Tipologias não residenciais contemplam banheiros centrais em áreas comuns, os quais podem ocasionar acionamento simultâneo de dispositivos, assim, a vazão de projeto pode ser calculada pela soma das vazões das bacias.

Já a vazão do trecho de coluna foi estimada pelo somatório de pesos dos aparelhos à jusante, com o equacionamento abaixo:

$$Q = 0,3 x \sqrt{\sum P}$$

Onde:

Q = vazão estimada na seção considerada, em L/s;

$\sum P$ = soma dos pesos relativos à jusante do trecho considerado, adimensional.

Tabela 16 – Pesos relativos por aparelho

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

Fonte: NBR 5626/98

5.5.1.2 Velocidade de escoamento

Foi verificada a velocidade de escoamento pela equação dada:

$$V = \frac{Q/1000}{\pi \times d^2/4}$$

Onde:

V = velocidade do fluido na seção considerada, em m/s;

Q = vazão estimada na seção considerada, em L/s;

d = diâmetro interno da seção considerada, em m.

De tal forma que a velocidade de escoamento seja limitada em 3 m/s e a:

$$V \leq 14 \times \sqrt{\text{diâmetro interno da tubulação (m)}}$$

5.5.1.3 Perda de carga

As perdas de carga foram consideradas para tubulações, conexões e hidrômetros, tendo procedimentos específicos a citar:

- Tubulações

A perda de carga para tubulações é calculada multiplicando o comprimento do trecho pela perda de carga unitária, dada pela equação:

$$J = 8,69 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75}$$

Em que:

J = perda de carga unitária, em kpa/m;

Q = vazão estimada na seção considerada, em L/s;

d = diâmetro interno do tubo, em mm.

A perda de carga do trecho é dada multiplicando o comprimento do trecho pela perda de carga unitária:

$$\Delta p_{tubo} = \frac{J \times L}{10 \text{ kpa/mca}}$$

Onde:

Δp_{tubo} = perda de carga no trecho em função da tubulação, em mca;

J = perda de carga unitária, em kpa/m;

L = comprimento do trecho, em m.

- Conexões

De forma anômala ao procedimento de cálculo da perda de carga de tubulações, a metodologia utilizada transforma a perda de carga das conexões em perda de carga equivalente para um comprimento de tubulação. Para se obter a perda de carga total, multiplica-se a perda de carga equivalente pela unitária.

$$\Delta p_{conexões} = \frac{J \times \sum L_{equivalente}}{10 \text{ kpa/mca}}$$

Para:

$\Delta p_{conexões}$ = perda de carga no trecho em função das conexões, em mca;

J = perda de carga unitária, em kpa/m;

$\sum L_{equivalente}$ = somatório de comprimentos equivalentes do trecho, em m.

Utilizou-se como referência a tabela fornecida da Tigre:

Tabela 17 – Comprimentos equivalentes das conexões

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	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
25	¾"	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
32	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
40	1¼"	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
50	1½"	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
60	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
75	2½"	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
85	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	14,2	40,0	0,9	20,0
110	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

Fonte: Tigre

5.5.1.4 Pressão disponível

A pressão disponível ($P_{jusante}$) a ser verificada é a diferença entre a pressão à montante ($P_{montante}$) com a perda de carga de tubulações, conexões e hidrômetros (Δp) com a diferença de cota à jusante (Δh).

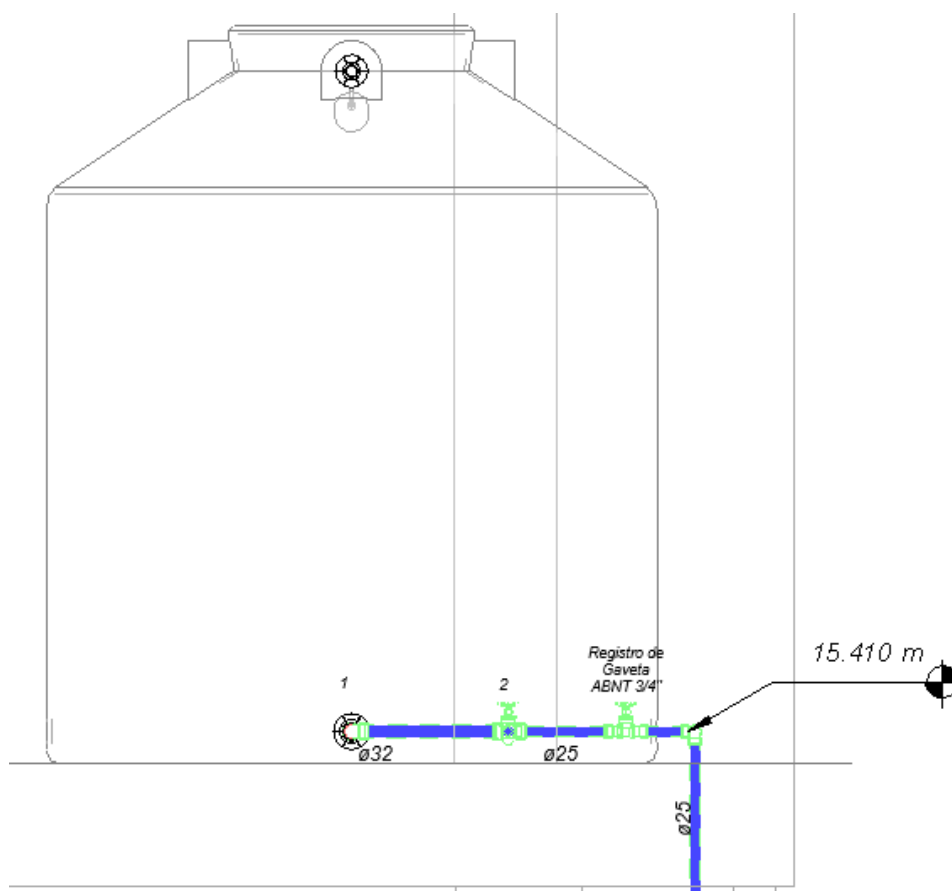
$$P_{jusante} = P_{montante} + \Delta p - \Delta h$$

Verifica-se a pressão disponível de tal forma que seja maior que 0,5 mca para qualquer parte do sistema e que “em qualquer caso, a pressão não deve ser inferior a 10 kPa, com exceção do ponto da caixa de descarga onde a pressão pode ser menor do que este valor, até um mínimo de 5 kPa” (ABNT, 1998).

5.5.1.5 Dimensionamento

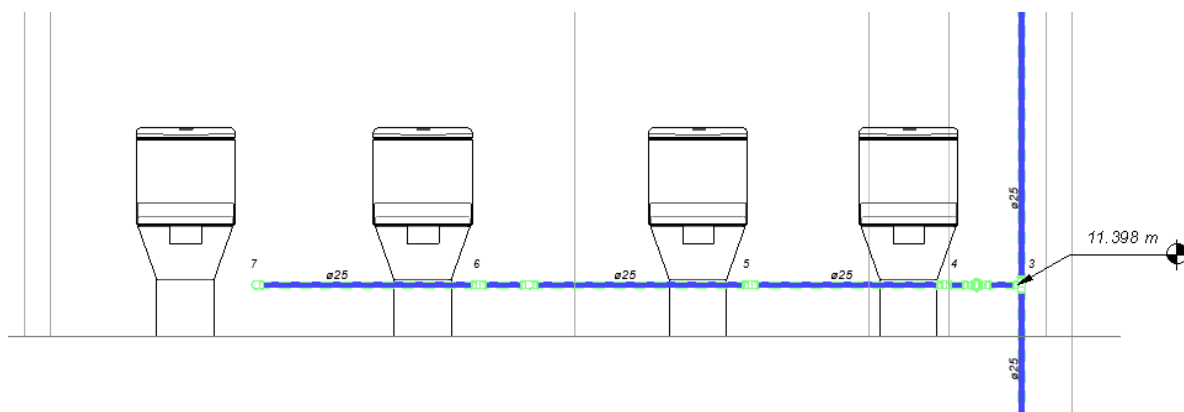
Com a metodologia apresentada, foram calculadas as perdas de carga para o ponto mais crítico, representado pelas figuras a seguir. A diferença de cota entre o consumo e o ponto 7, é $\Delta h = 4$ mca.

Figura 41 – Pontos de dimensionamento (1/2)



Fonte: Autor, 2022

Figura 42 – Pontos de dimensionamento (2/2)



Fonte: Autor, 2022

Tabela 18 – Dimensionamento da perda de carga (1/2)

PVC	Vazão	Diâm.	DI	Vel.	Comp. Real	Comprimento Equivalente			Comp. Total	Pres. Disp.	Perda de carga		Pres. Disp. Residual	
						conexões	Qtd.	C.Equiv.			Total	Unitário		Total
1*2	0.7162	32	27.8	1.18	0.17	Entrada de Borda	1	1.20	1.2	1.37	0.40	0.67	0.09	0.31
1*2	0.7162	32	27.8	1.18		Tê 90 Passagem direta	1	0.90	0.9	0.9	0.31	0.67	0.06	0.25
1*2	0.7162	32	27.8	1.18		Joelho 90	1	1.50	1.5	1.5	0.25	0.67	0.10	0.15
Total	-	-	-	-	0.17	-	-	3.6	3.6	3.77	-	-	0.253	-
2*3	0.6364	25	21.6	1.74	5.4	Luva de redução	1	0.30	0.3	5.7	4.15	1.81	1.03	3.12
2*3	0.6364	25	21.6	1.74		União	2	0.10	0.2	0.2	3.12	1.81	0.04	3.08
2*3	0.6364	25	21.6	1.74		Registro de Gaveta aberto	1	0.20	0.2	0.2	3.08	1.81	0.04	3.04
2*3	0.6364	25	21.6	1.74		Joelho 90	2	1.20	2.4	2.4	3.04	1.81	0.43	2.61
2*3	0.6364	25	21.6	1.74		Tê 90 Saída de lado	1	2.40	2.4	2.4	2.61	1.81	0.43	2.18
Total	-	-	-	-	5.4	-	-	4.2	5.5	10.9	-	-	1.970	-

Fonte: Autor, 2022

Tabela 19 – Dimensionamento da perda de carga (2/2)

PVC	Vazão	Diâm.	DI	Vel.	Comp. Real	Comprimento Equivalente			Comp. Total	Pres. Disp.	Perda de carga		Pres. Disp. Residual	
						conexões	Qtd.	C.Equiv.			Total	Unitário		Total
3*4	0.6000	25	21.6	1.64	0.2	Tê 90 Passagem direta	1	0.80	0.8	1	2.18	1.63	0.16	2.01
3*4	0.6000	25	21.6	1.64		Registro de Gaveta aberto	1	0.20	0.2	0.2	2.01	1.63	0.03	1.98
3*4	0.6000	25	21.6	1.64		União	2	0.10	0.2	0.2	1.98	1.63	0.03	1.95
Total	-	-	-	-	0.2	-	-	1.1	1.2	1.4	-	-	0.228	-
4*5	0.4500	25	21.6	1.23	0.7	Tê 90 Passagem direta	1	0.80	0.8	1.5	1.95	0.99	0.15	1.80
Total	-	-	-	-	0.7	-	-	0.8	0.8	1.5	-	-	0.148	-
5*6	0.3000	25	21.6	0.82	1.15	Tê 90 Passagem direta	1	0.80	0.8	1.95	1.80	0.48	0.09	1.71
5*6	0.3000	25	21.6	0.82		Joelho 90	2	1.20	2.4	2.4	1.71	0.48	0.12	1.59
Total	-	-	-	-	1.15	-	-	2	3.2	4.35	-	-	0.211	-
6*7	0.1500	25	21.6	0.41	0.83	Tê 90 Passagem direta	1	0.80	0.8	1.63	1.59	0.14	0.02	1.57
6*7	0.1500	25	21.6	0.41		Joelho 90	1	1.20	1.2	1.2	1.57	0.14	0.02	1.55
6*7	0.1500	25	21.6	0.41		Saída de Canalização	1	0.90	0.9	0.9	1.55	0.14	0.01	1.54
Total	-	-	-	-	0.830	-	-	2.900	2.900	3.730	-	-	0.054	-

Fonte: Autor, 2022

5.6 Manutenção

A manutenção do sistema é essencial para garantir a boa qualidade da água oferecida. Uma das estratégias de verificação é realizar testes periódicos, os quais inclusive poderiam ser realizados pelos laboratórios da UFRGS.

Para manter o sistema em boa operação, a NBR 15.527 orienta uma frequência mínima de manutenção para os diferentes dispositivos:

Quadro 2 – Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: NBR 1552 (2019)

O filtro first flush e a ETAC poderão necessitar de manutenções específicas de acordo com o fornecedor, sendo que a estação de tratamento deve prever reposição de insumos como cloro e areia.

5.7 Quantitativo

Uma das vantagens de se trabalhar em BIM é que as informações contidas no projeto são facilmente gerenciadas, assim, pôde-se realizar um quantitativo assertivo acerca de tubulações, conexões, registros e válvulas, apresentados nas Tabelas a seguir.

Tabela 20 – Quantitativo de tubulação (mm)

Rótulos de Linha	150.00 mmø	25.00 mmø	32.00 mmø	40.00 mmø	Total Geral
Água da Chuva		8274.36	18.33		8292.69
coluna		3369.88			3369.88
reservação		891.74	18.33		910.07
rede		4012.74			4012.74
Água fria doméstica		3.83	152.07	171.35	327.25
reservação		3.83	152.07	171.35	327.25
Pluvial	2241.19				2241.19
Recalque		4886.53	61.56		4948.09
coluna		1849.78			1849.78
reservação		3036.75	61.56		3098.31
Total Geral	2241.19	13164.72	231.96	171.35	15809.22

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 21 – Quantitativo de Conexões

Água da Chuva	78
Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca para Registro, PVC Marrom, Água Fria	18
Curva de Transposição Soldável, PVC Marrom, Água Fria	1
Joelho 45º/90º Soldável, PVC Marrom, Água Fria	30
Joelho 90º Soldável com Bucha de Latão, PVC Marrom, Água Fria	9
Tê Soldável com Bucha de Latão na Bolsa Central, PVC Marrom, Água Fria	10
Tê Soldável, PVC Marrom, Água Fria	10
Água fria doméstica	15
Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca para Registro, PVC Marrom, Água Fria	6
Joelho 45º/90º Soldável, PVC Marrom, Água Fria	7
Luva Soldável e com Bucha de Latão, PVC Marrom, Água Fria	1
Tê Soldável, PVC Marrom, Água Fria	1
Pluvial	6
Joelho 45º/90º, Esgoto Série Normal	3
Luva Simples, Esgoto Série Normal	3
Recalque	31
Conector Macho, PPR Termofusão	14
Joelho 45º/90º Soldável, PVC Marrom, Água Fria	4
Joelho 45º/90º, PPR Termofusão	8
Tê de Redução Externa e Central, PPR Termofusão	1
União Dupla, PPR Termofusão	4

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 22 – Quantitativo de Registros e válvulas

Água da Chuva	11
Registro de Gaveta ABNT 3/4"	11
Água fria doméstica	4
Registro de Gaveta ABNT 1 1/4"	3
Registro de Gaveta ABNT 1"	1
Recalque	7
Registro de Gaveta ABNT 1"	2
Registro de Gaveta ABNT 3/4"	3
Válvula de Retenção Vertical 3/4"	2

Fonte: Elaborado pelo autor

Além dos materiais relacionados, deve-se prever um filtro first flush e uma ETAC para o tratamento e um sistema motor-bomba para o recalque.

5.8 Orçamentação

Como a universidade é um órgão federal, orçamentos devem ser realizados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, o SINAPI. Foram selecionadas composições que atendessem ao quantitativo tendo como referência os custos não desonerados no mês de julho. Buscou-se orçar os itens que não são contemplados pelo SINAPI por três alternativas:

- Cotação externa: como o filtro de descarte da primeira água e a ETAC
- Composição equivalente: a citar, uniões da bomba de recalque foram contabilizadas como adaptadores;
- Nova composição: não há composição para reservatório de concreto, porém há composições para seus insumos, dessa forma, estimou-se a quantidade de concreto, aço e forma.

Tabela 23 – Composições de recalque

Recalque							
Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo		
96676	TUBO, PFR, DN 25, CLASSE PN 25, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2015	M	18.5	R\$	13.83	R\$	255.86
96728	TUBO, PFR, DN 25, CLASSE PN 25, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	M	31	R\$	18.13	R\$	562.03
96729	TUBO, PFR, DN 32, CLASSE PN 25, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	M	0.8	R\$	27.76	R\$	22.21
94495	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021	UN	2	R\$	72.12	R\$	144.24
89353	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 3/4" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021	UN	3	R\$	46.39	R\$	139.17
89536	UNIÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	2	R\$	16.51	R\$	33.02
96637	JOELHO 90 GRAUS, PFR, DN 25 MM, CLASSE PN 25, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2015	UN	7	R\$	13.10	R\$	91.70
96684	JOELHO 90 GRAUS, PFR, DN 25 MM, CLASSE PN 25, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2015	UN	3	R\$	5.16	R\$	15.48
96640	CONECTOR MACHO, PFR, 25 X 1/2", CLASSE PN 25, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2015	UN	8	R\$	25.94	R\$	207.52
96740	CONECTOR MACHO, PFR, 32 X 3/4", CLASSE PN 25, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	6	R\$	35.97	R\$	215.82
94798	TORNEIRA DE BOIA PARA CAIXA D'ÁGUA, ROSCÁVEL, 1 1/4" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021	UN	1	R\$	272.34	R\$	272.34
102137	CHAVE DE BOIA AUTOMÁTICA SUPERIOR/INFERIOR 15A/250V - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2020	UN	1	R\$	69.62	R\$	69.62
102111	BOMBA CENTRÍFUGA, MONOFÁSICA, 0,5 CV OU 0,49 HP, HM 6 A 20 M, Q 1,2 A 8,3 M3/H - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2020	UN	2	R\$	829.71	R\$	1.659.42
99630	VÁLVULA DE RETENÇÃO VERTICAL, DE BRONZE, ROSCÁVEL, 1 1/4" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021	UN	2	R\$	140.60	R\$	281.20
96758	TÊ, PFR, DN 32 MM, CLASSE PN 25, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	2	R\$	15.98	R\$	31.96
						Total	R\$ 4.001.58

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 24 - Composições da alimentação

Alimentacao - Bacias Sanitárias							
Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo		
89446	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	M	33.66	R\$	6.57	R\$	224.51
89402	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	M	49.5	R\$	10.80	R\$	534.60
94648	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	M	7.7	R\$	11.46	R\$	88.24
94649	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	M	0.3	R\$	18.82	R\$	5.65
89362	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	24	R\$	8.71	R\$	209.04
94674	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 32 MM INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	4	R\$	10.24	R\$	40.96
89481	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	2	R\$	4.86	R\$	9.72
89395	TÊ, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	5	R\$	12.30	R\$	61.50
94688	TÊ, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	1	R\$	11.31	R\$	11.31
89617	TÊ, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	4	R\$	7.16	R\$	28.64
94495	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021	UN	2	R\$	72.12	R\$	144.24
89353	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 3/4" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021	UN	9	R\$	46.39	R\$	417.51
89383	ADAPTADOR CURTO COM BOLSA E ROSCA PARA REGISTRO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM X 3/4, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	18	R\$	6.84	R\$	123.12
94658	ADAPTADOR CURTO COM BOLSA E ROSCA PARA REGISTRO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32 MM X 1, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	2	R\$	8.00	R\$	16.00
89430	CURVA DE TRANSPOSIÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	1	R\$	14.32	R\$	14.32
						Total	R\$ 1.929.36

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 25 - Composições de água fria

Água Fria - Reservatórios							
Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo		
94649	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	M	1.7	R\$	18.82	R\$	31.99
94650	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 40 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	M	1.7	R\$	26.96	R\$	45.83
94674	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 32 MM INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	2	R\$	10.24	R\$	20.48
94676	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 40 MM INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	5	R\$	18.42	R\$	92.10
94690	TÊ, PVC, SOLDÁVEL, DN 32 MM INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	1	R\$	15.72	R\$	15.72
94495	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021	UN	1	R\$	72.12	R\$	72.12
94496	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1 1/4" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021	UN	3	R\$	98.26	R\$	294.78
94658	ADAPTADOR CURTO COM BOLSA E ROSCA PARA REGISTRO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32 MM X 1, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	4	R\$	8.00	R\$	32.00
94660	ADAPTADOR CURTO COM BOLSA E ROSCA PARA REGISTRO, PVC, SOLDÁVEL, DN 40 MM X 1 1/4, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	6	R\$	13.41	R\$	80.46
89430	CURVA DE TRANSPOSIÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	1	R\$	14.32	R\$	14.32
						Total	R\$ 693.81

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 26 - Composições da rede pluvial

Águas pluviais							
Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo		
83512	TUBO PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014	M	15	R\$ 78,28	R\$	1.144,20	
83523	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014	UN	7	R\$ 50,67	R\$	354,69	
83554	LUIVA SIMPLES, PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014	UN	7	R\$ 27,58	R\$	193,06	
				Total	R\$	1.691,95	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 27 - Composições do reservatório inferior

Reservatório inferior							
Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo		
103684	CONCRETAGEM DE RESERVATÓRIOS, FCK=25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	M3	6,6	R\$ 590,79	R\$	3.875,58	
96622	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR, APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESSURA DE 75 CM*. AF_08/2017	M3	0,7	R\$ 105,64	R\$	74,09	
96536	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_06/2017	M2	80,2	R\$ 59,16	R\$	4.747,00	
92917	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	656,0	R\$ 16,23	R\$	10.646,88	
92793	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	656,0	R\$ 12,90	R\$	8.462,40	
98555	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	M2	80,2	R\$ 24,44	R\$	1.961,07	
				Total	R\$	27.805,95	

Fonte: Elaborado pelo autor

O filtro first flush foi orçado em R\$ 10.500,00 e a ETAC, em R\$ 18.316,25. Ressalta-se que o custo do reservatório e da rede pluvial varia de acordo com estudos de eficiência do projeto, pois variou-se o volume de reservação e as áreas de captação.

Dessa forma, o investimento necessário para implementar cada cenário será apresentado no item 5.10 Viabilidade econômica.

5.9 Eficiência do sistema

Foi utilizado o ábaco da tese de doutorado do professor Fernando Dornelles (2012). Para tanto, divide-se a demanda (D) e o volume de reservação (V) pelas áreas de captação, resultando nos inputs do ábaco D_u e V_u , respectivamente.

Lembrando que a demanda diária é de 1.530 litros, e fixando as variáveis nos eixos x e y, obtém-se a eficiência do sistema.

Tabela 28 - Nível de atendimento

Sistema	Reserva (L)	Área (m ²)	Vu (L/m ²)	Du (L/m ² dia)	Atendimento (%)
B1	8500	690	12,3	2,2	68%
B1'	12500	690	18,1	2,2	76%
B2	8500	872	9,7	18	70%
B2'	12500	872	14,3	1,8	78%
B3	8500	1016	8,4	1,5	76%
B3'	12500	1016	12,3	1,5	81%

Fonte: Elaborado pelo autor

O volume atendido para cada estudo é o produto da eficiência com a demanda, de tal forma que:

Tabela 29 – Volume aproveitado

Sistema	Reserva (L)	Área (m ²)	Atendimento (%)	Aproveitamento (L/dia)
B1	8500	690	68%	1040,4
B1'	12500	690	76%	1162,8
B2	8500	872	70%	1071,0
B2'	12500	872	78%	1193,4
B3	8500	1016	76%	1162,8
B3'	12500	1016	81%	1239,3

Fonte: Elaborado pelo autor

5.10 Viabilidade econômica

O Decreto 21.110 de 14 de julho de 2021 estabelece a cobrança dos serviços de distribuição de água e remoção de esgotos sanitários, prestados pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), de tal forma que, para a tipologia órgãos públicos, a tarifa dos serviços é de R\$ 8,18.

Os valores de cobrança na conta de água em edificações com consumos mensais entre 21 e 1000 m³ são obtidos pela equação:

$$V_{\text{água}} = [PB \times 0,2711 \times (C/E)^{1,43577}] \times E$$

Onde,

PB: preço básico do m³ de água distribuído (R\$/m³);

C: consumo mensal (m³);

E: número de economias atendidas pelo ramal.

Já taxa de retirada de esgoto sanitário tem seu valor calculado pela equação:

$$V_{\text{esgoto}} = PB \times C \times 0,8$$

Foram calculadas as economias mensais e anuais dos cenários:

Tabela 30 – Economia mensal e anual

Sistema	Reserva (L)	Área (m ²)	Atendimento (%)	Aproveitamento (L/dia)	Economia (R\$/mês)	Economia (R\$/ano)
B1	8500	690	68%	1040,4	R\$ 313,14	R\$ 3.757,69
B1'	12500	690	76%	1162,8	R\$ 380,47	R\$ 4.565,62
B2	8500	872	70%	1071,0	R\$ 350,43	R\$ 4.205,17
B2'	12500	872	78%	1193,4	R\$ 390,48	R\$ 4.685,77
B3	8500	1016	76%	1162,8	R\$ 380,47	R\$ 4.565,62
B3'	12500	1016	81%	1239,3	R\$ 405,50	R\$ 4.865,99

Fonte: Elaborado pelo autor

Conhecendo o custo de implantação e as economias mensais, é possível descrever o fluxo de caixa do projeto. Com o intuito de verificar a viabilidade econômica do investimento em sistemas de aproveitamento de água da chuva serão utilizados dois indicadores: o valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), índice de lucratividade (IL) e o tempo de retorno do investimento (Payback).

Os indicadores utilizam a taxa mínima de atratividade (TMA), que representa o retorno mínimo aceito por um investidor, que, para esse caso, será igual à taxa Selic. Em função da crise econômica, a taxa Selic está em alta no valor de 13,75%, porém, ao longo dos próximos anos, espera-se uma redução gradual na taxa. Considerou-se uma redução gradual da taxa partindo de 13,75% e reduzindo para os anos subsequentes nos valores de 12%, 10%, 8,5%, estabilizando em 7,5%.

O VPL é o somatório do fluxo de caixa convertido para o valor presente e, visto que a moeda não possui valor constante, representa o valor dos custos e dos retornos do investimento ao longo do tempo (MELLO, 2017). Verifica-se viabilidade econômica quando a VPL apresenta valor positivo.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t}$$

FC_t = fluxo de caixa no período t , em reais;

r = taxa de desconto;

t = período.

Quanto maior a TIR, mais promissora é o investimento, sendo indicada viabilidade de projeto quando é superior à taxa de retorno. A TIR calcula a taxa de desconto que deve ter um fluxo de caixa para que seu Valor Presente Líquido (VPL) iguale-se a zero.

$$VP = \text{capital} + \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t}$$

IL é o indicador que mede a capacidade operacional do empreendimento em gerar lucros e mostra quanto a empresa obtém após pagar todos os seus custos e despesas. Para a lucratividade, a fórmula é dada por:

$$IL = (\text{lucro líquido} / \text{receita total}) \times 100$$

Onde receita total é a soma de todos os recebimentos do negócio antes de qualquer desconto e lucro líquido corresponde à sobra para a empresa depois de descontados os valores devidos. Assim, quanto maior o índice de lucratividade, maior o retorno sobre o investimento, verificando viabilidade quando for superior a 1.

O payback simples é um conceito bem difundido e calcula o período de retorno sobre um investimento. Para casos em que a receita é fixa, o payback pode ser obtido dividindo o custo de implantação pelas receitas fixas.

Tabela 31 – Payback simples

Sistema	Reserva (L)	Área (m ²)	Economia (R\$/mês)	Implantação (R\$)	Playback Simples (mês)	Playback Simples (ano)
B1	8500	690	R\$ 313,14	R\$ 64.944,90	207,4	17,3
B1'	12500	690	R\$ 380,47	R\$ 78.816,25	207,2	17,3
B2	8500	872	R\$ 350,43	R\$ 65.707,70	187,5	15,6
B2'	12500	872	R\$ 390,48	R\$ 79.517,87	203,6	17,0
B3	8500	1016	R\$ 380,47	R\$ 66.470,50	174,7	14,6
B3'	12500	1016	R\$ 405,50	R\$ 80.280,67	198,0	16,5

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 32 – VPL, TIR e IL (20 anos)

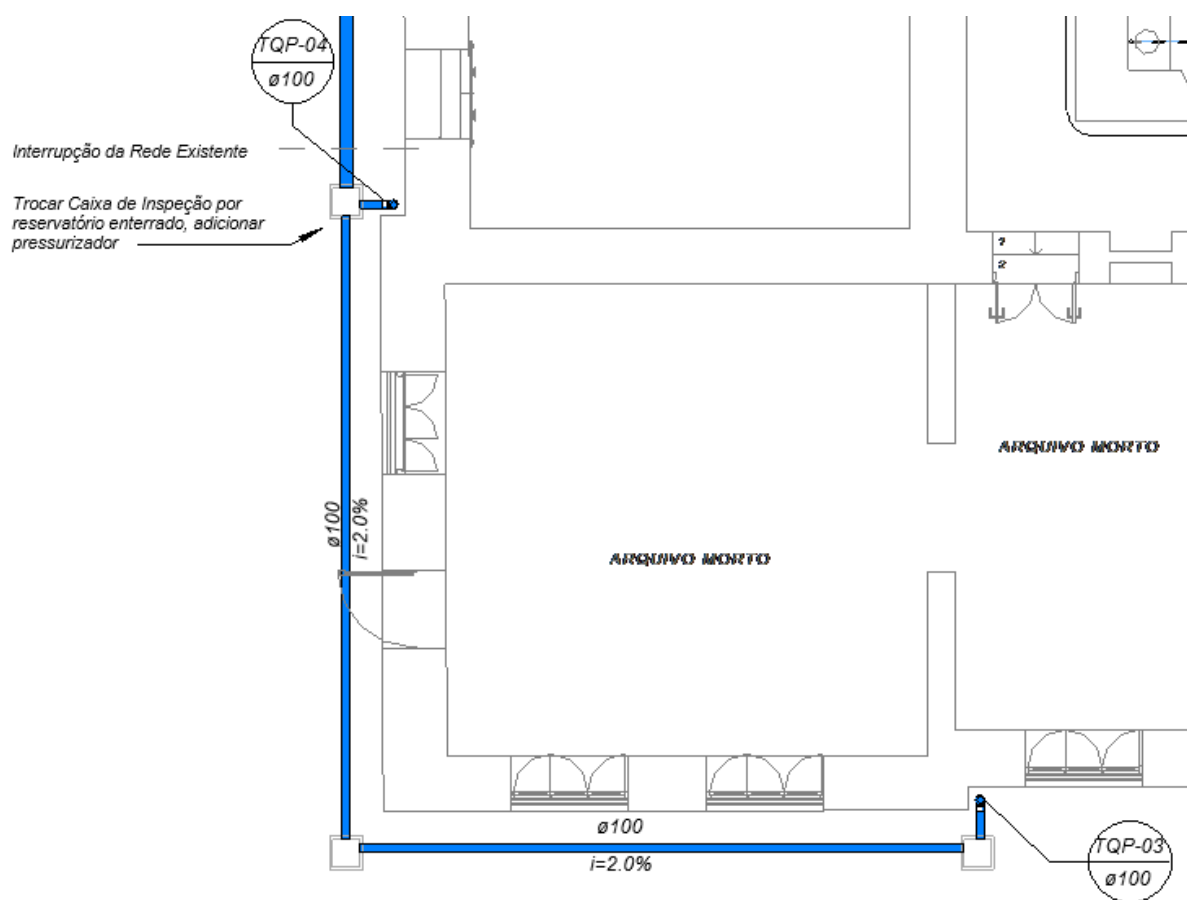
	B1	B1'	B2	B2'	B3	B3'
VPL	-R\$ 28.273,72	-R\$ 34.260,59	-R\$ 24.669,59	-R\$ 33.789,69	-R\$ 21.914,84	-R\$ 32.793,71
TIR	0,97%	0,98%	2,04%	1,16%	2,82%	1,45%
IL	0,56	0,57	0,62	0,58	0,67	0,59

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que, os cenários indicam um payback extenso, sendo que VPLs não atingem valores positivos, TIRs não chegam à TMA e ILs não são superiores a 1, logo, estão fora do intervalo de investimento. Dessa forma, entende-se que o projeto não é viável economicamente.

Alternativamente, poder-se-ia substituir uma das caixas de inspeção pluvial mais à montante por um pequeno reservatório. Assim, seria capaz de aproveitar água da chuva para atender à lavagem de pisos utilizando rede pressurizada. Essa alternativa é interessante, pois acarreta poucas alterações nas instalações existentes. A figura a seguir indica uma possível posição para implementar a alternativa.

Figura 43 - Alternativa de aproveitamento



Fonte: Elaborado pelo autor

6 CONCLUSÃO

O aproveitamento de água da chuva vem ganhando visibilidade em função de uma educação ambientalista, que vem abordando o tema de sustentabilidade nos mais diversos setores. Com essa representatividade, entidades se valorizam sob a ótica da comunidade ao adotarem práticas sustentáveis. Para além dos cuidados com a água em um regime racional de usos, a adoção de um sistema de aproveitamento pluvial é incentivada pelo cenário econômico, que favorece corte de gastos, sendo mais efetivo em empreendimentos não residenciais visto o representativo consumo de bacias sanitárias. Por outro lado, o Prédio Centenário carrega o desafio de limitar interferências que não impactem o patrimônio histórico arquitetônico e possua um baixo investimento.

Este trabalho versa soluções técnicas de projeto e execução, abordando a manutenção da arquitetura, leva-se em consideração, por exemplo, a não utilização de tubulação embutida para que os azulejos não sofram avarias. Opta-se por preservar as prumadas e a rede de águas pluviais existentes a fim de não instalar tubulação sobre a fachada e internamente optou-se por utilizar os shafts já existentes para evitar interferências na arquitetura interior. Ressalta-se que a reservação existente foi um dos fatores relevantes para a análise; não seria viável incrementar os reservatórios superiores para volumes maiores. O empreendimento possui diversos usos e estimar o consumo dos usuários foi uma tarefa que exigiu analisar a ocupação variável de pessoas em palestras, cursos e aulas. Ainda sobre dados, algumas pranchas fornecidas indicavam informações conflitantes, o que exigiu realizar visitas in loco.

Para avaliar as diversas particularidades supracitadas, foram estudados dois cenários, cada um com um tipo de captação e reservação, esses projetos representam os cenários propostos A e B. Com as análises realizadas, observou-se uma limitação na proposta A, que não atende totalmente a demanda de água capaz de ser aproveitada na edificação mesmo aumentando a reservação e tecnicamente se avaliou a inviabilidade. Observou-se também que a proposta B é capaz de satisfazer

até 81% da demanda quando incrementada a área de captação pelas edificações vizinhas.

A iniciativa de implementar boas práticas sustentáveis em edificações históricas é extremamente positiva para a sociedade, uma vez que serve como referência e marco tanto para os alunos do campus centro quanto para os cidadãos de Porto Alegre. Observou-se, no entanto, um período de retorno do capital de 15 a 18 anos e indicadores econômicos fora do intervalo de investimento. Dessa forma, não foi verificada viabilidade econômica.

Outro fator importante para avaliar viabilidade é o cenário econômico, o preço de material de construção está elevado, bem como a TMA (Selic). Por outro lado, o alinhamento de edifícios da faculdade com boas práticas de sustentabilidade ainda pode ser um atrativo para implementar o sistema. Como oportunidades de trabalho, o texto pode servir de base para realizar uma análise econômica de implantação para cenários econômicos, variando a TMA e os custos de implantação. Outro trabalho interessante é o de compreender o impacto de sistemas de aproveitamento quando utilizados em grande escala pela sociedade sobre a rede e a estrutura de abastecimento municipal, entendendo se haveria redução nos custos de bombeamento, tratamento e incremento de reservatórios e ETAs.

BIBLIOGRAFIA

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia: para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: CD.G, 2013.

GONÇALVES, R. F et al. **Uso racional da água em edificações**. 1ª ed., Rio de Janeiro: ABES, 2006.

AZEVEDO NETO, J. M. **Cronologia dos serviços de esgotos, com especial menção ao Brasil**. 33 ed. São Paulo: SABESP, 1959.

CHEVALIER, J., GHEERBRANT, A. **Dicionário de Símbolos**. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 1998.

MENEZES, L. C. C. **Considerações sobre saneamento básico, saúde pública e qualidade de vida**. São Paulo: *Revista DAE, Volume 44*, 1984

POMPEU, C. T. **Regime jurídico da polícia das águas públicas; polícia da qualidade**. São Paulo: CETESB. 1976

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Decreto n. 16.305**, de 26 de maio de 2009. Regulamenta a Lei n. 10.506, de 5 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Porto Alegre, RS, 2009.

Barros, Raphael T. de V. et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BRASIL. **Lei nº. 11.445** de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036,

de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de Água da Chuva no Meio Urbano e seu Efeito na Drenagem Pluvial**. Dissertação de Doutorado. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

UM-Habitat, **World Cities Report 2022**. 1ª edição, Kenya: UN-Habitat, 2022. Disponível em: < https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf >. Acesso em 21 set. 2022.

VIEIRA, A.R. **Água para a vida água para todos**: livro das águas. Brasília: WWF-Brasil, 2006

COSTA, A. G, **Curso de Especialização a Distância em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos Sistemas de abastecimento de água**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2015

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. São Paulo: Departamento de Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

DMAE, **Dados gerais 2021**. Disponível em: < https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/sites/dmae/Dados%20Gerais%202021_Web.pdf >. Acesso em 21 set. 2022.

DMAE, **Plano Municipal de Saneamento Básico: Volume 1**. Disponível em: < http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/pmsb_2015_volume_1_diagnostico.pdf >. Acesso em 21 set. 2022.

DMAE, **Plano Municipal de Saneamento Básico: Volume 2**. Disponível em: < http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/pmsb_2015_volume_2_prognostico_objetivos_e_metas.pdf >. Acesso em 21 set. 2022.

DMAE, **Plano Municipal de Saneamento Básico: Volume 3**. Disponível em: < http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/pmsb_2015_volume_3_programas_part_social_e_indicadores.pdf >. Acesso em 21 set. 2022.

Twort, et al. **Water Supply**. Londres: Arnald and IWA Publishing, , 2000

INPE. **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998

USGBC, **Vazão e frequência de consumo**. Disponível em: < <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-core-and-shell-data-centers-new-construction-warehouse-and-distribution?return=/credits/New%20Construction/v4/Water%20efficiency> >. Acesso em 21 set. 2022.

USGBC, **Indoor water use reduction calculator**. Disponível em: < <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-core-and-shell-data-centers-new-construction-warehouse-and-distribution?view=resources&return=/credits/New%20Construction/v4/Water%20efficiency> >. Acesso em 21 set. 2022.

Blukit, **Redutor de vazão**. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=mdrjXf-YmU0> >. Acesso em 21 set. 2022.

Blukit, **Aerador**. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=TdlaqucmYWk> >. Acesso em 21 set. 2022.

ZANELLA, Luciano; ALVES, Wolney Castilho. **Evolução normativa brasileira sobre sistemas prediais para aproveitamento de água de chuva**. In: ENCONTRO

NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

AcquaSave/3p; Technick, **Manual filtro VF1**. Disponível em < <https://www.ecosustentavel.eng.br/filtro-vf1> >. Acesso em 21 set. 2022.

Tomas, P., **Conservação da água**, cap 8 – Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis em áreas urbanas, Guarulhos, 1997

Auxtrat, **Filtro First Flush (FFF) automático**. Disponível em < https://www.auxtrat.com.br/fff_first_flush_automatizado/ >. Acesso em 21 set. 2022.

Texas Guide to Rainwater Harvesting. **Texas Water Development Board in Cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems**. 2 ed. Austin, 1997.

SANTOS, D. C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18.

Auxtrat, **ETAC 1000**. Disponível em < <https://www.auxtrat.com.br/etac/> >. Acesso em 21 set. 2022.

LOPES, J.E.G.; SANTOS, R.C.P. **Capacidade de reservatórios**. 2002. Disponível em:<<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%206/Capacidade%20de%20Reservatorios.pdf> > Acesso em: 21 set. de 2022.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 10844**: instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 5626**: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998

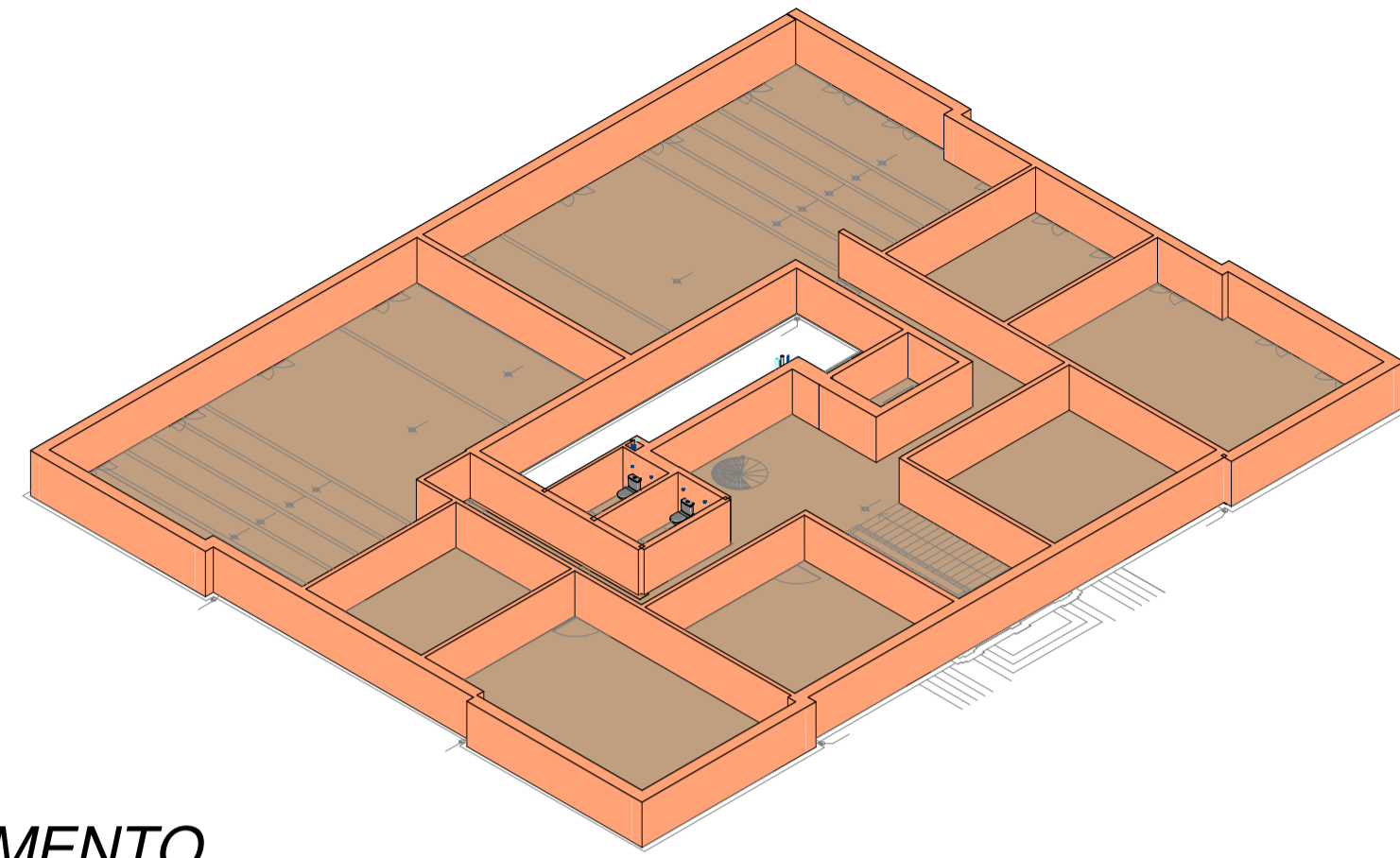
ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 5626**: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 2020

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 15527**: Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis, Rio de Janeiro, 2019

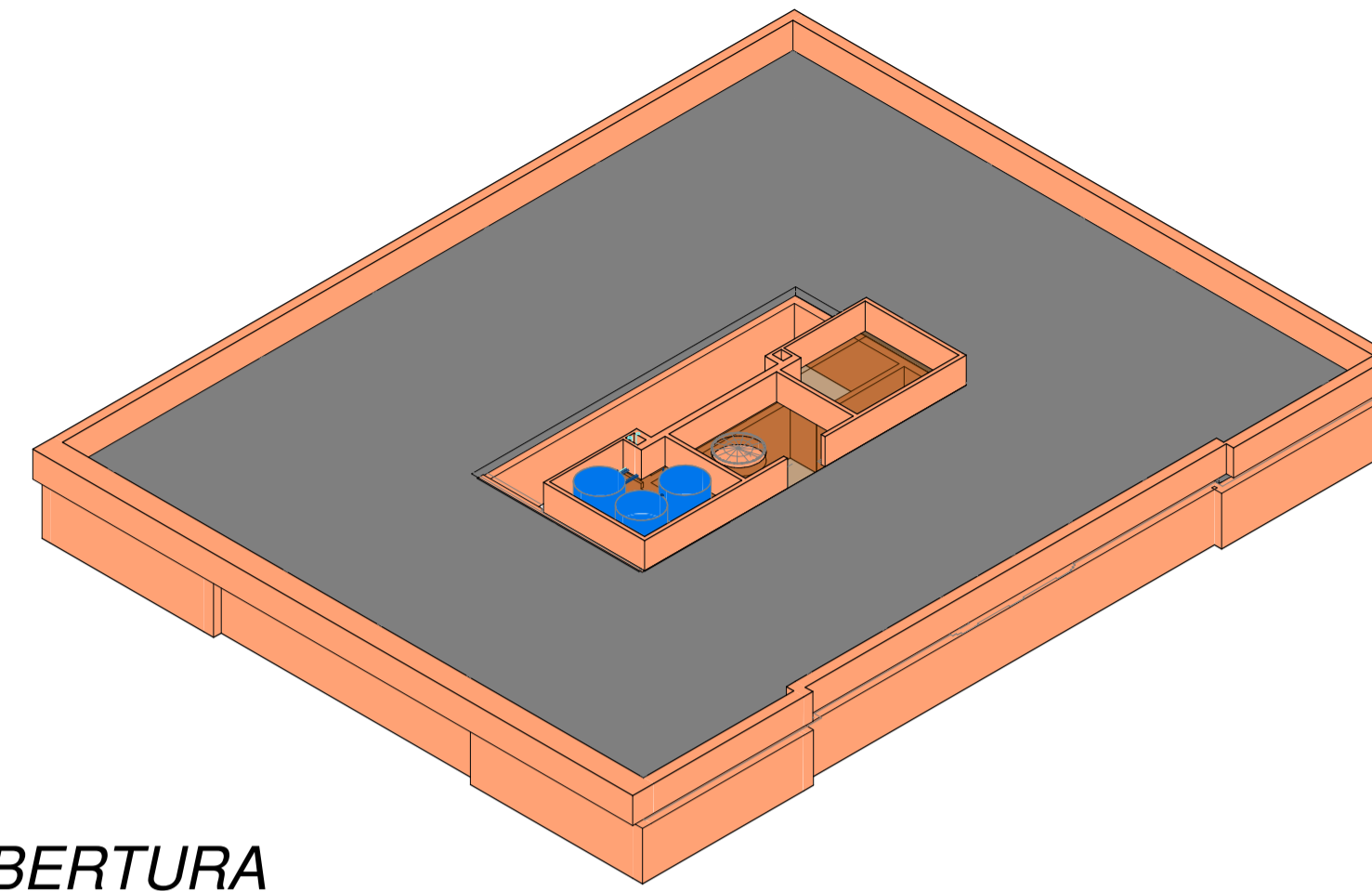
BOMBAS SCHNEIDER. **Tabela de seleção de bombas e motobombas**. Disponível em: <https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/309005/schneider_tabela_selecao_2022_09_web.pdf >. Acesso em 21 set. 2022.

TIGRE. **Catálogo técnico água fria**. Disponível em: <<https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/10/ct-agua-fria.pdf> >. Acesso em 21 set. 2022.

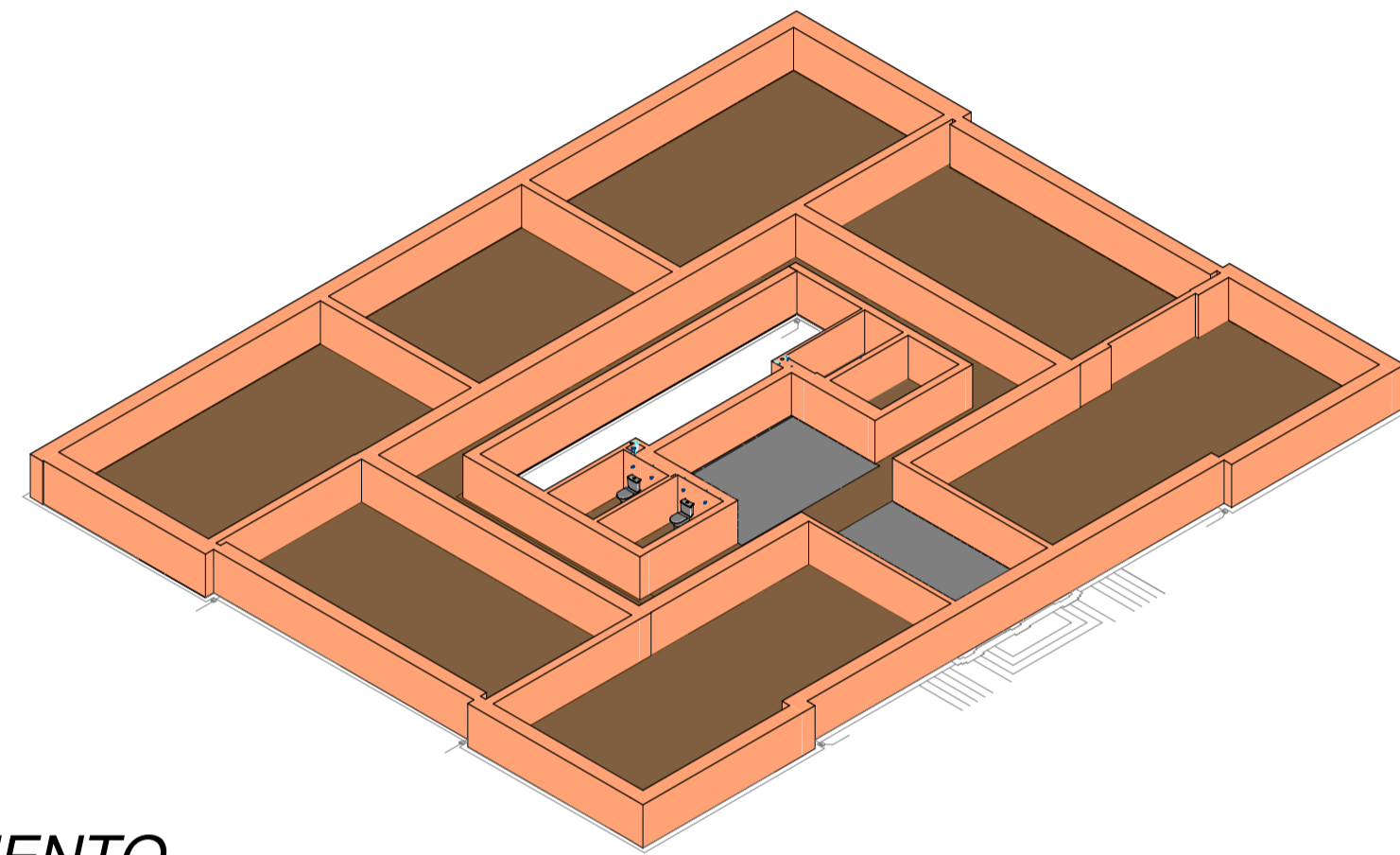
TIGRE. **Catálogo técnico água quente**. Disponível em: <<https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/10/ct-agua-fria.pdf> >. Acesso em 21 set. 2022.



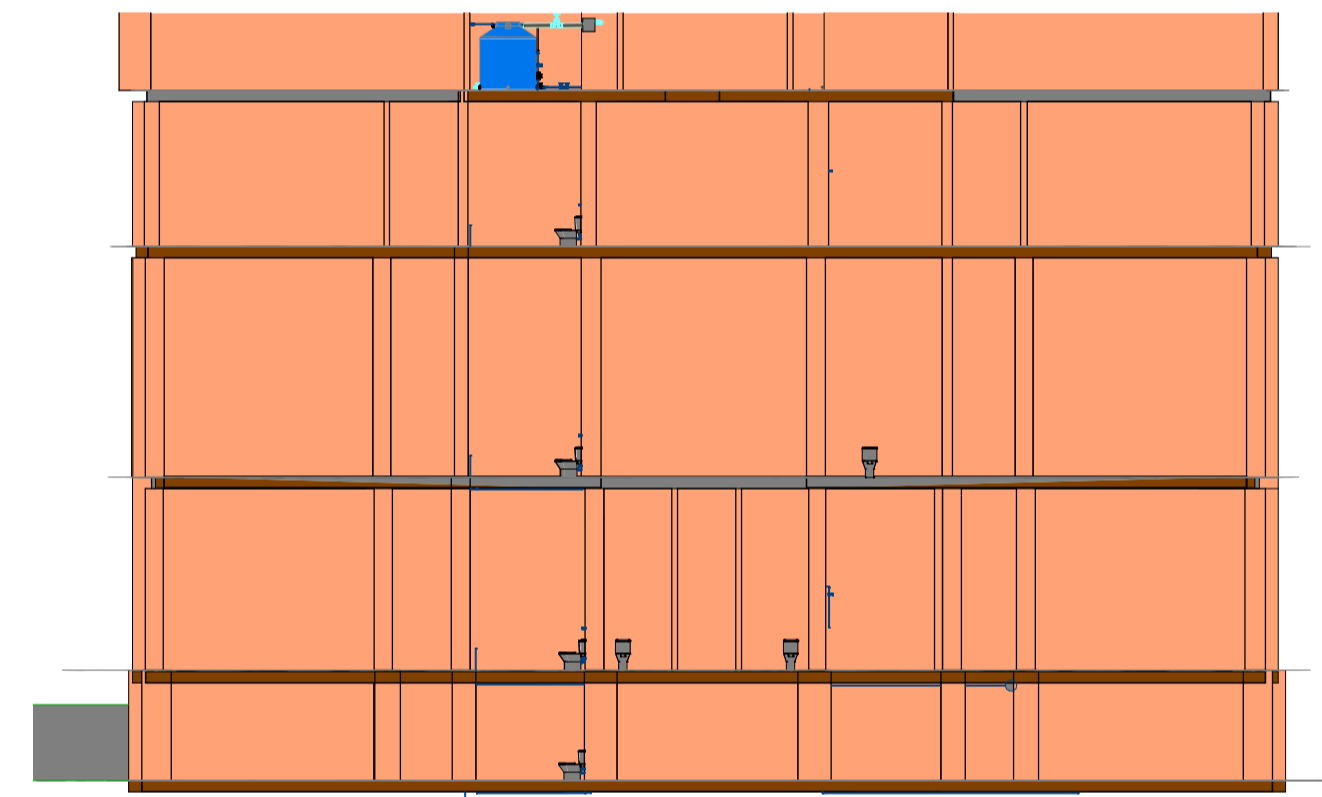
3º PAVIMENTO



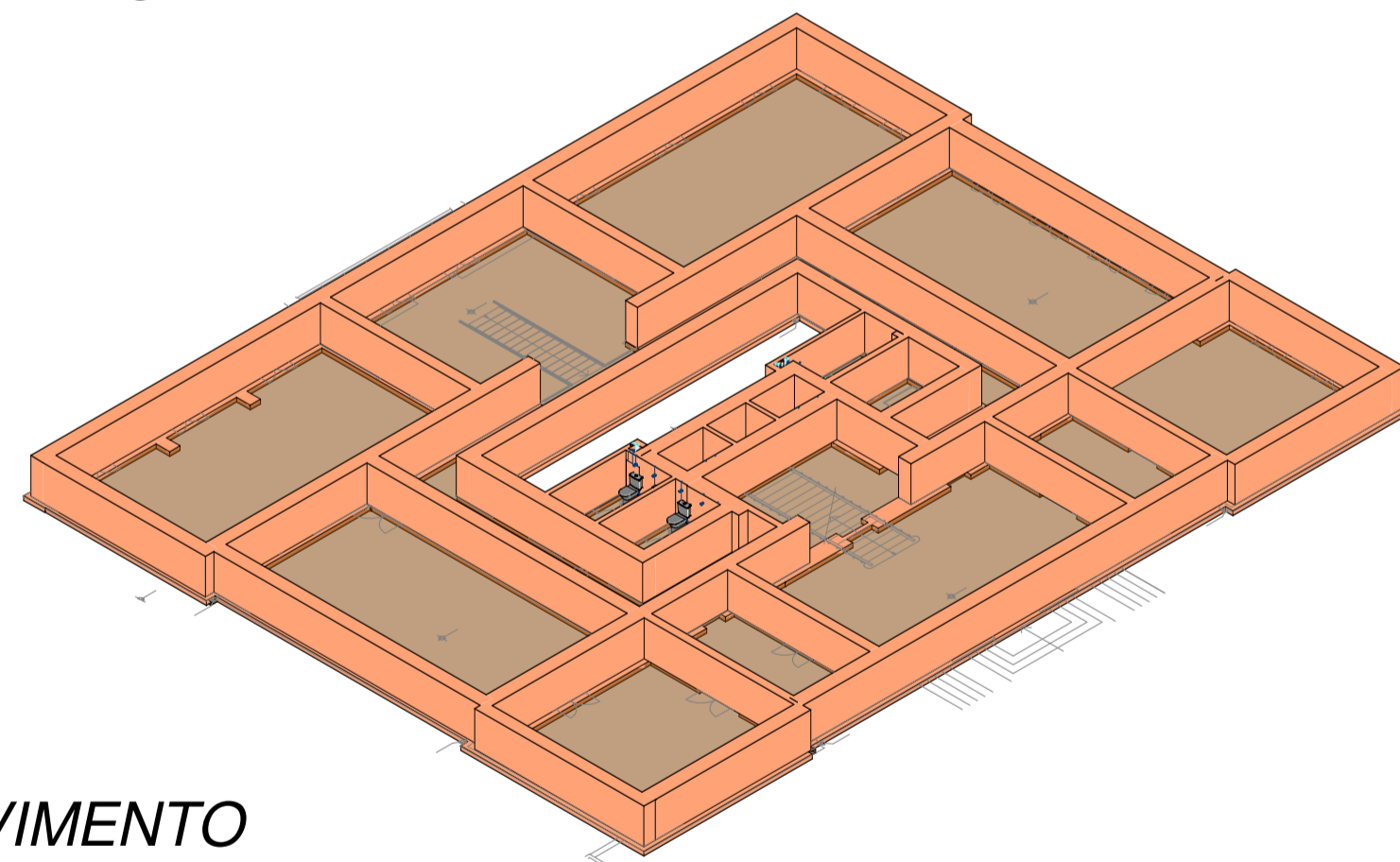
SUB-COBERTURA



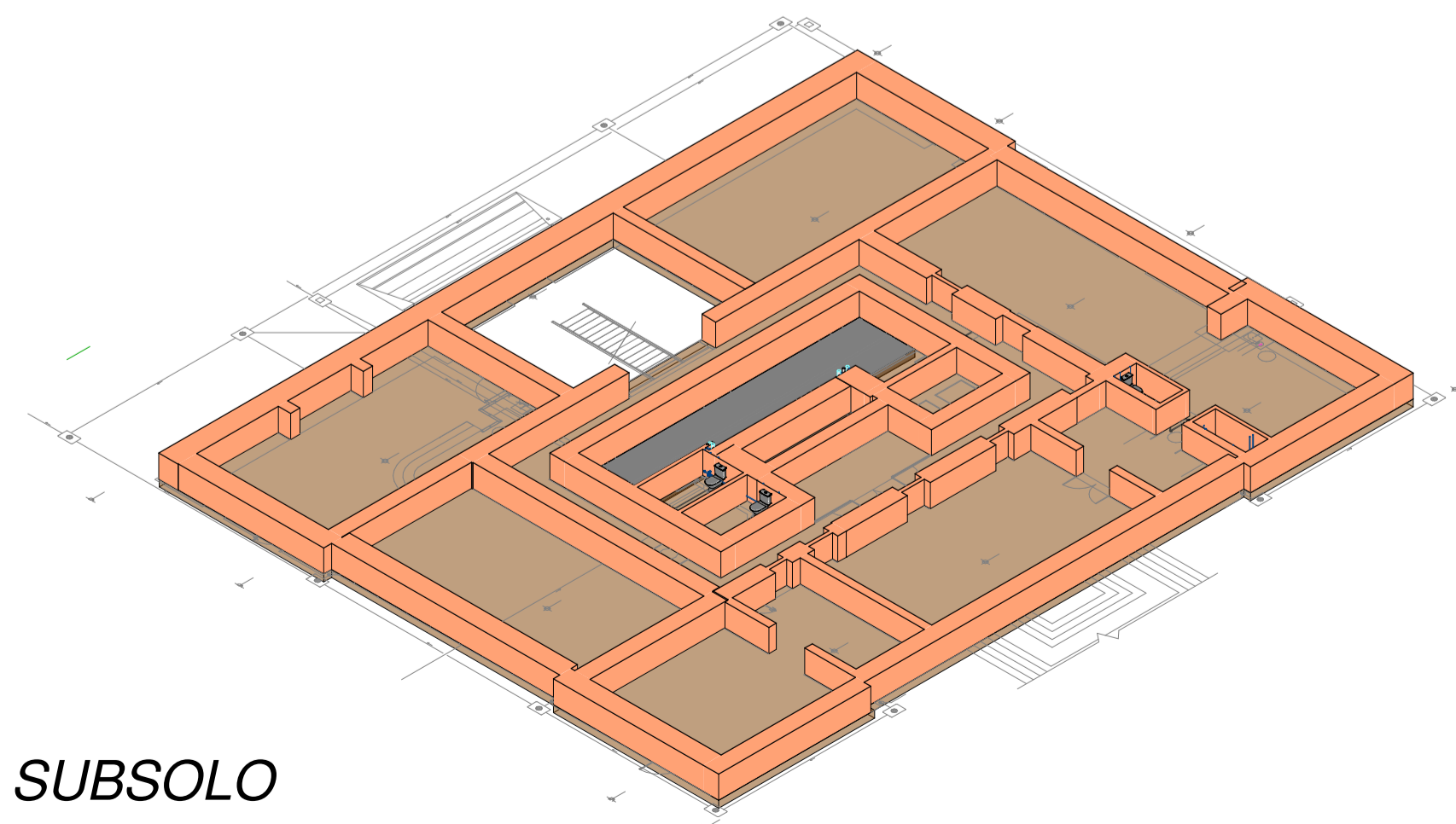
2º PAVIMENTO



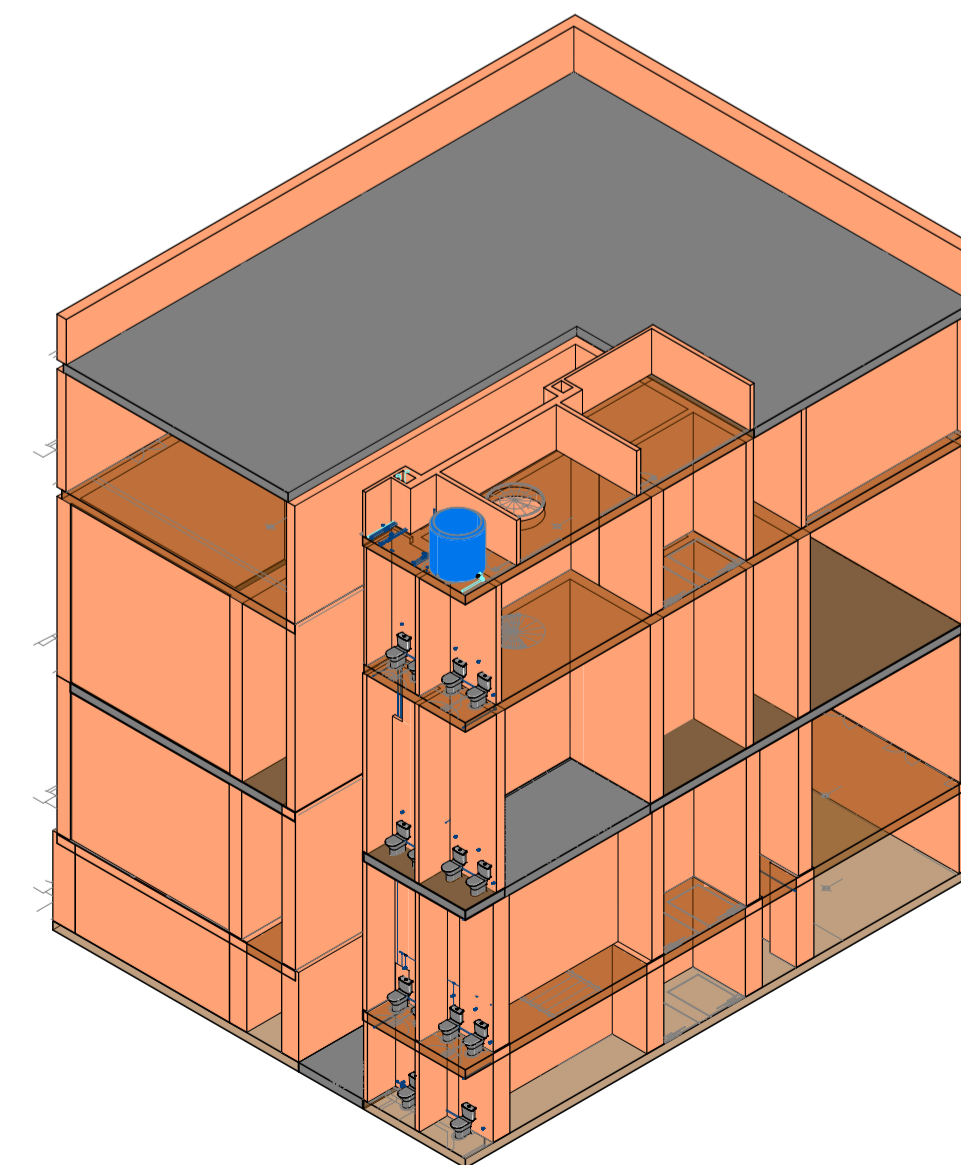
Vista Geral
1 : 200



1º PAVIMENTO



SUBSOLO

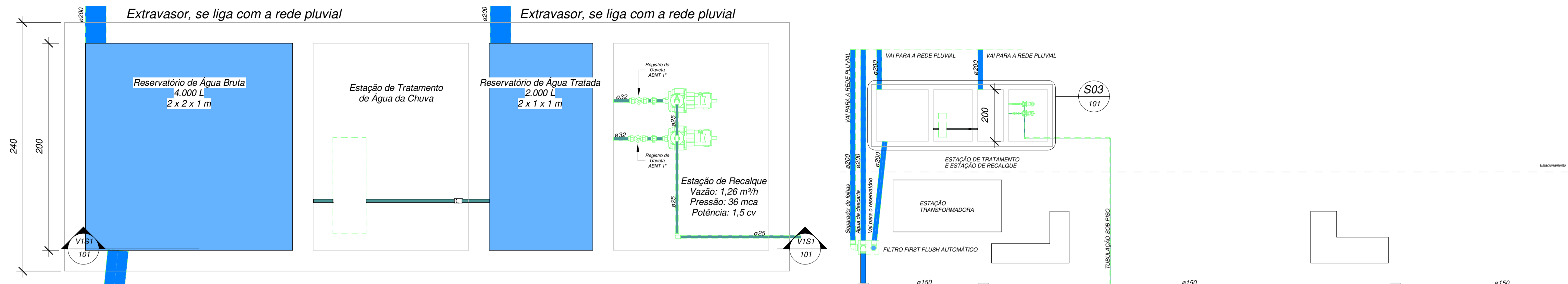


3D GERAL

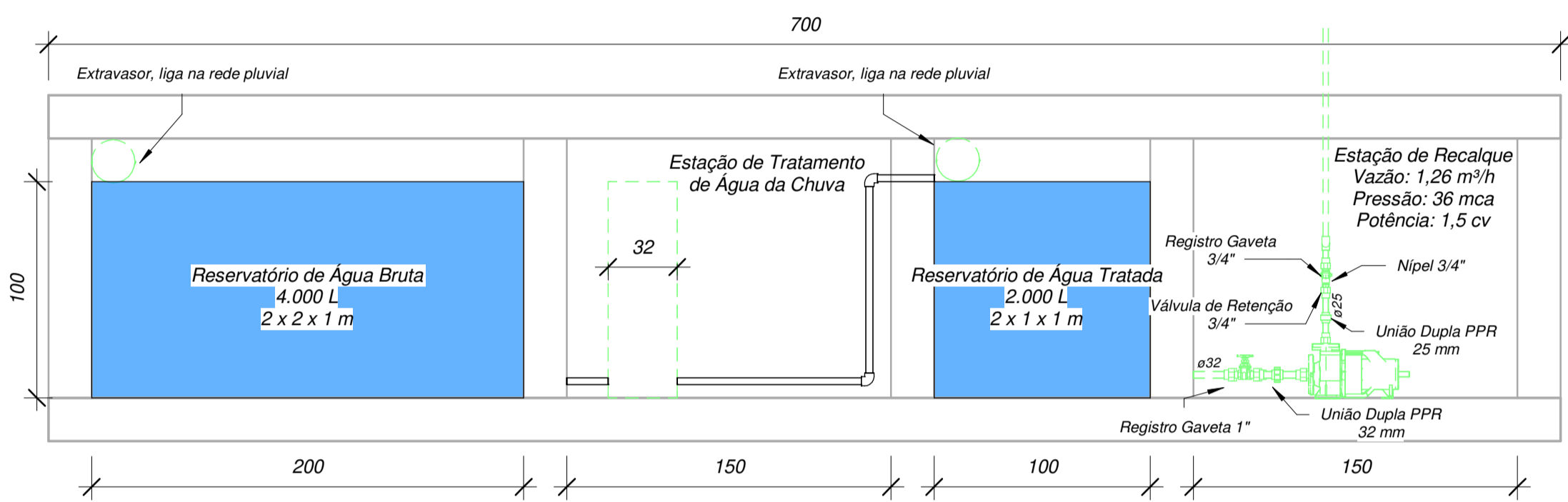
Lista de Folhas			
Número	Nome	Escopo	Revisão
201	01-PV1	Planta Baixa - Primeiro Pavimento	R02
301	02-PV2	Planta Baixa - Terceiro Pavimento	R02
401	03-PV3	Planta Baixa - Terceiro Pavimento	R02
101	00-SUB	Planta Baixa - Pavimento Subsól	R02
102	00-SUB	Setores e Vistas - Pavimento Subsól	R02
202	01-PV1	Setores e Vistas - Primeiro Pavimento	R02
501	04-COB	Planta Baixa e Detalhes - Pavimento Cobertura	R02

Data	Descrição	Revisão	Responsável
09/12/2022	Detalhamento	R02	EAL
07/09/2021	Tubulação Aparente	R01	EAL
06/10/2021	Emissão Inicial	R00	EAL

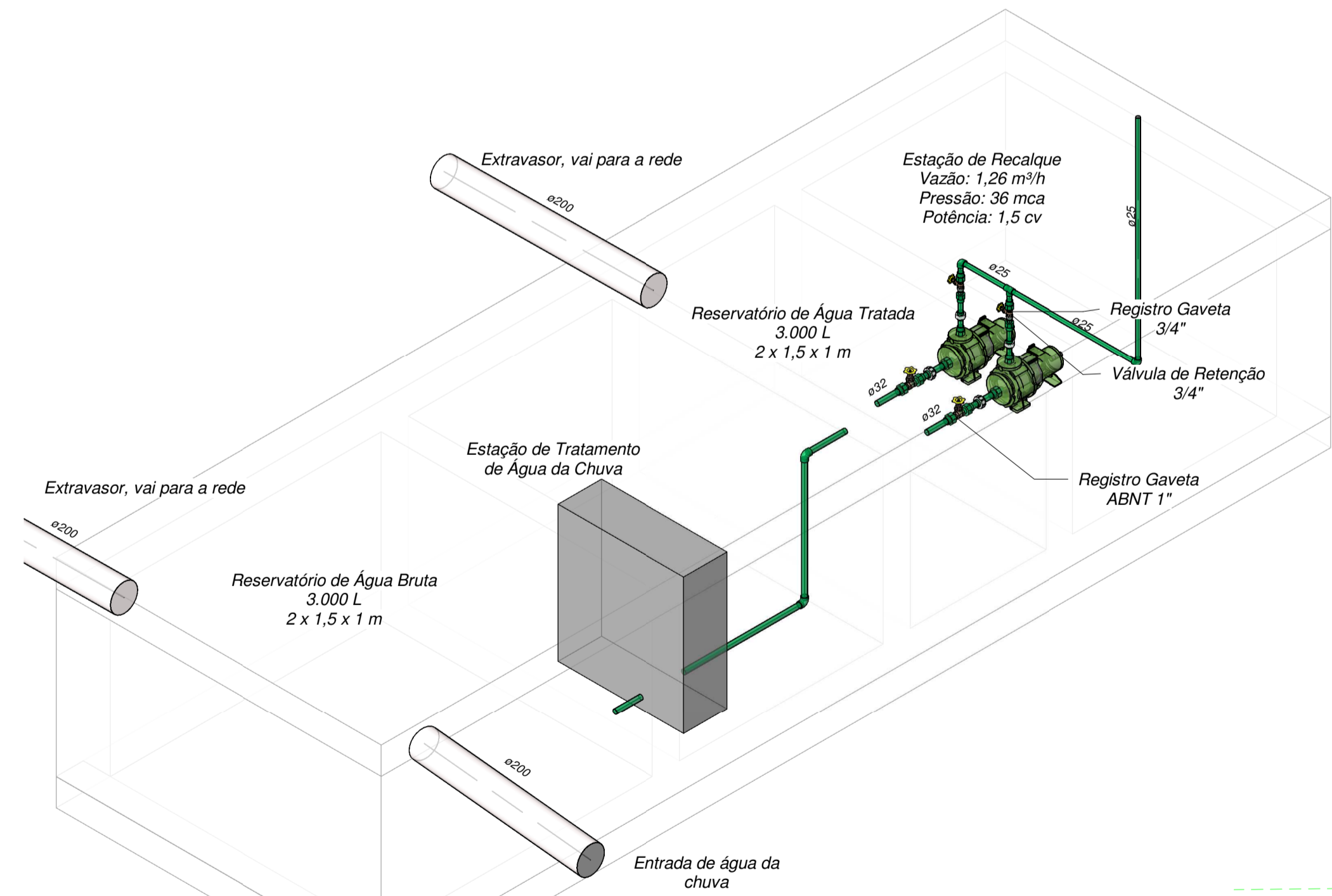
Projeto de Aproveitamento de Água da Chuva		Responsável Técnico
Cliente	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	CREA
Endereço	Praça Argentina, 09 - Centro Histórico, Porto Alegre	Francha 00
Descrição	Prancha Geral	Arquivo CEN-00-Geral-R02
Escala		Indicada



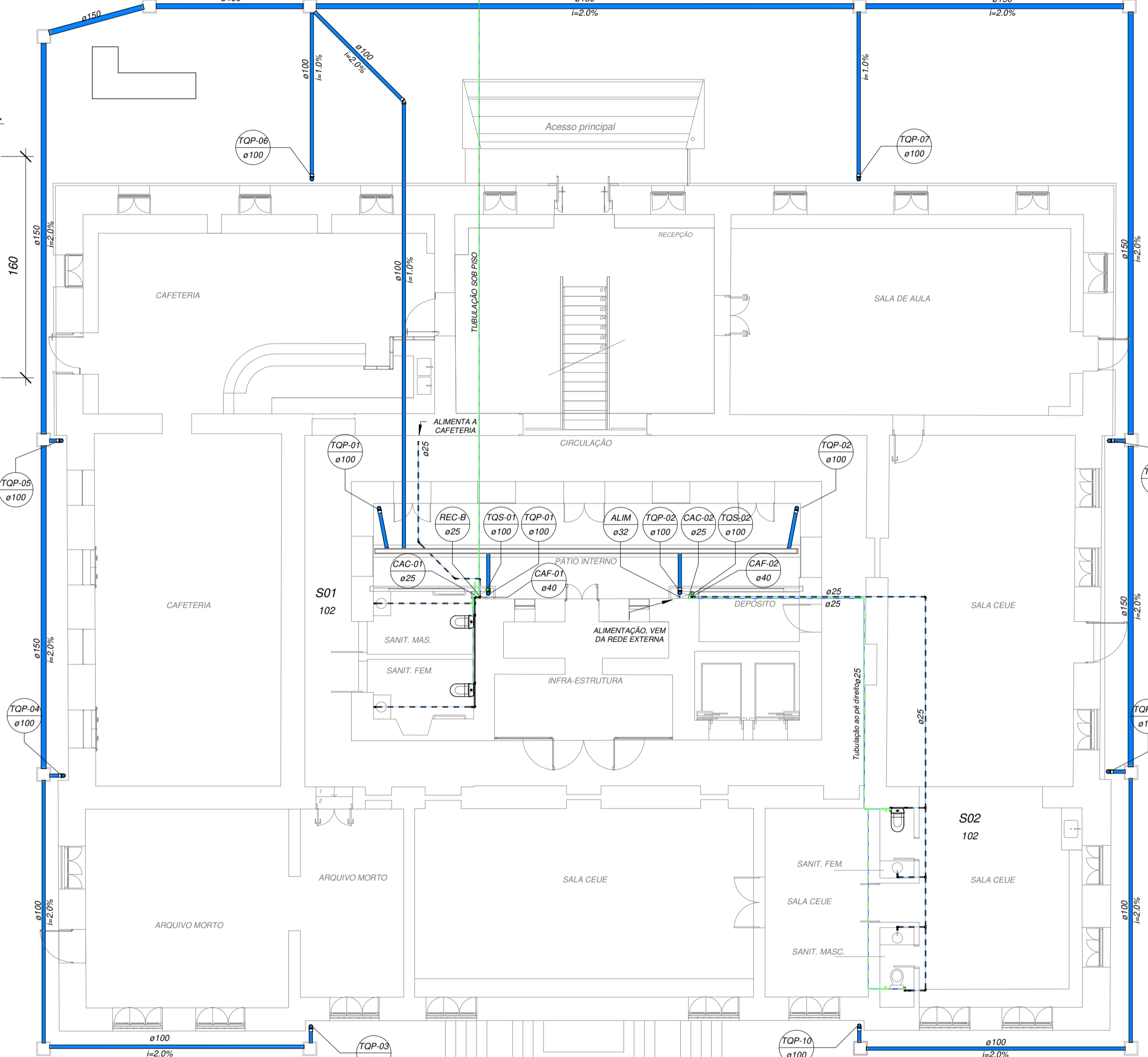
Setor 01 - Reservatório Inferior
1 : 25



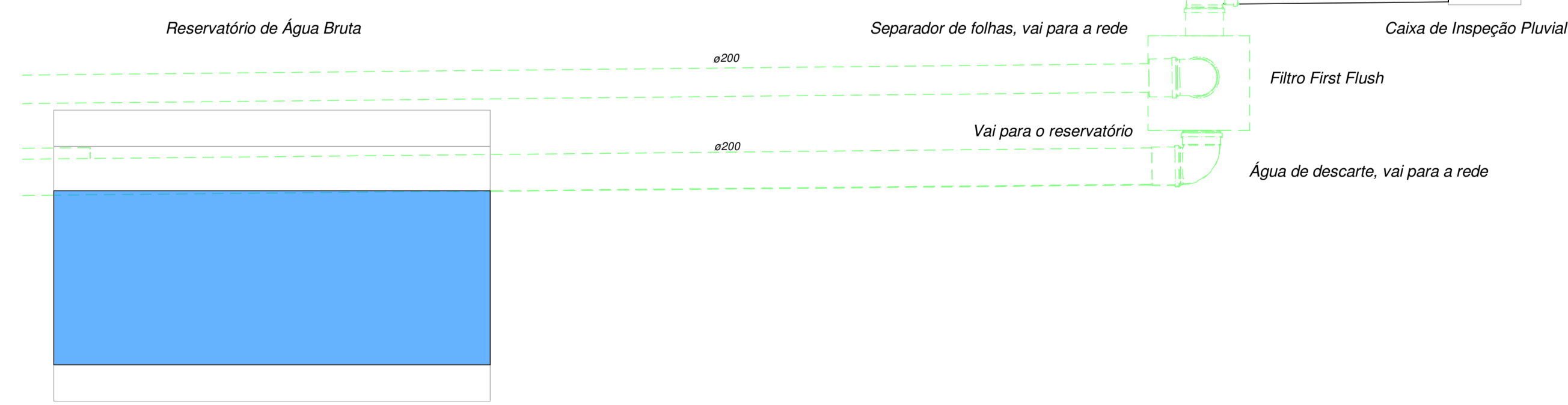
Vista A - Reservatório Inferior
1 : 25



3D - Reservatório Inferior



Subsolo
1 : 100



Vista B - Filtro First Flush
1 : 25

Nome e número da coluna
AAC-01
Ø50

Legenda de cores

- Água Fria
- Água Quente
- Água da Chuva
- Recalque
- Ventilação
- Água Pluvial
- Água Sanitária
- Gordura

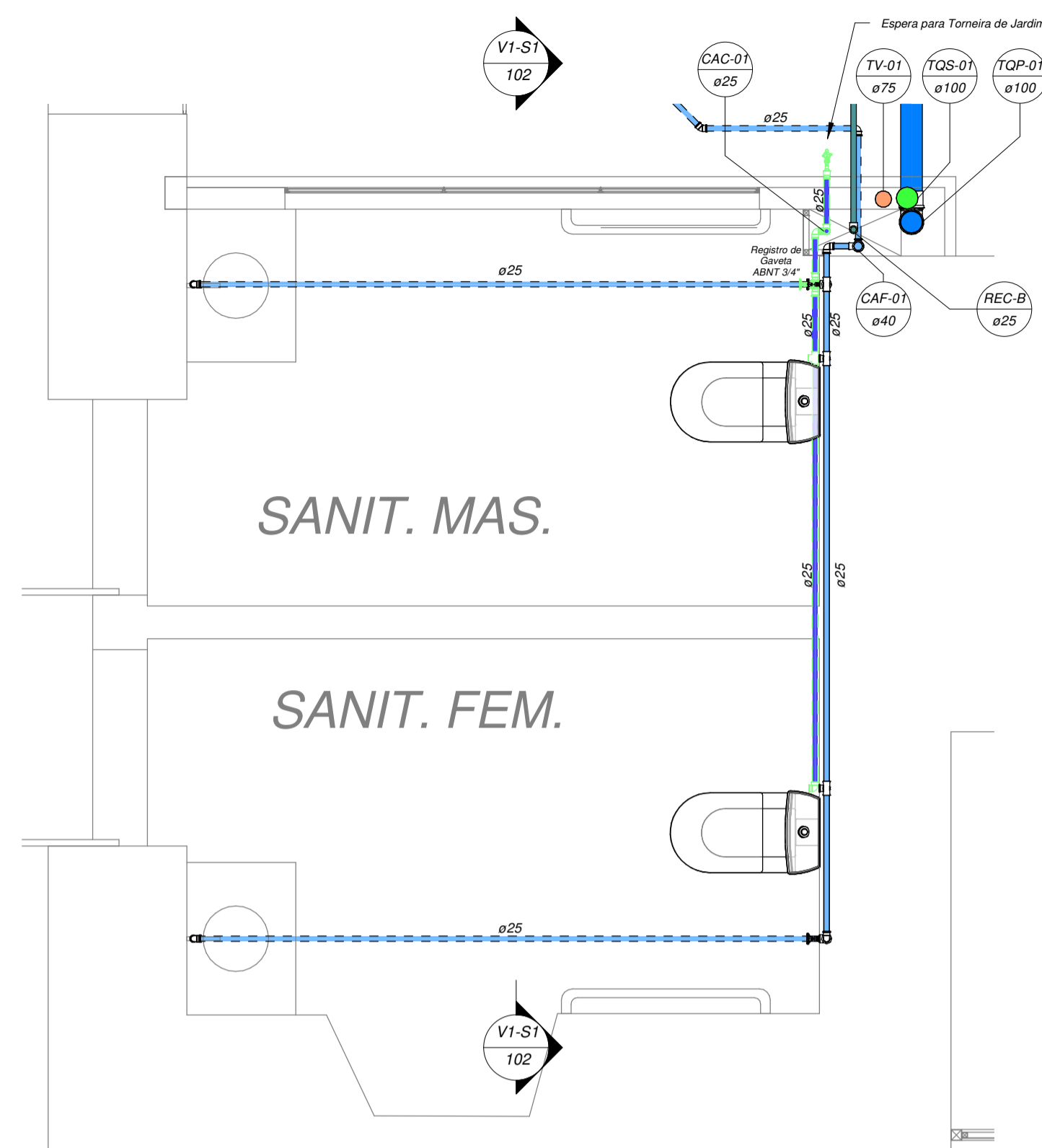
Legenda de linhas

- Existente
- Existente sob piso
- A construir
- Elementos em vermelho: A demoir

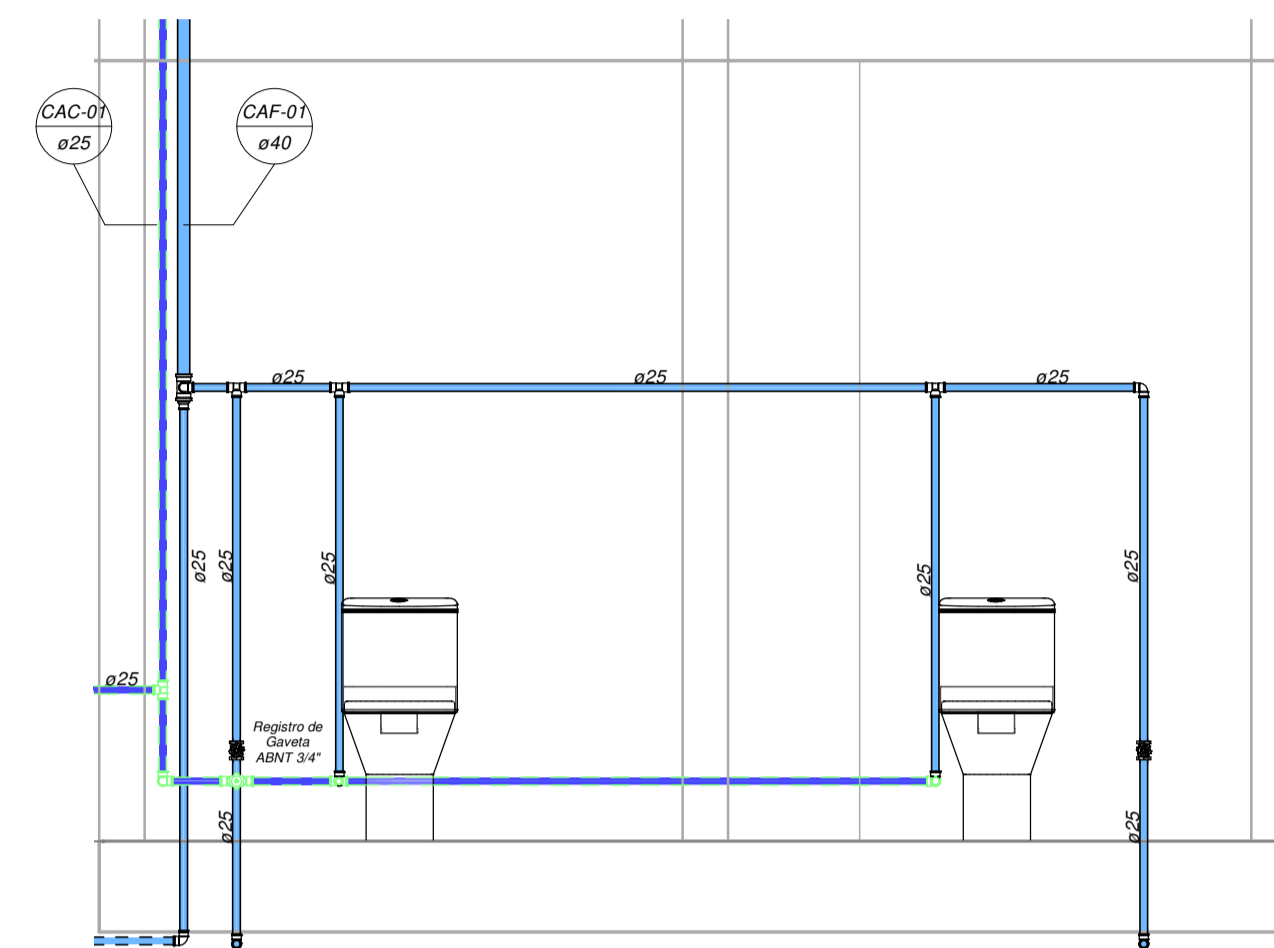
CAF	COLUNA DE ÁGUA FRIA
ALIM	COLUNA DE ALIMENTAÇÃO DA ÁGUA FRIA
CAC	COLUNA DE ÁGUA DA CHUVA
REC	COLUNA DE RECALQUE
TQP	TUBO DE QUEDA PLUVIAL
TQS	TUBO DE QUEDA SANITÁRIO
TV	TUBO DE VENTILAÇÃO

09/12/2022	Detalhamento	R02	EAL
07/09/2021	Tubulação Aparente	R01	EAL
06/10/2021	Emissão Inicial	R00	EAL
Data	Descrição	Revisão	Responsável

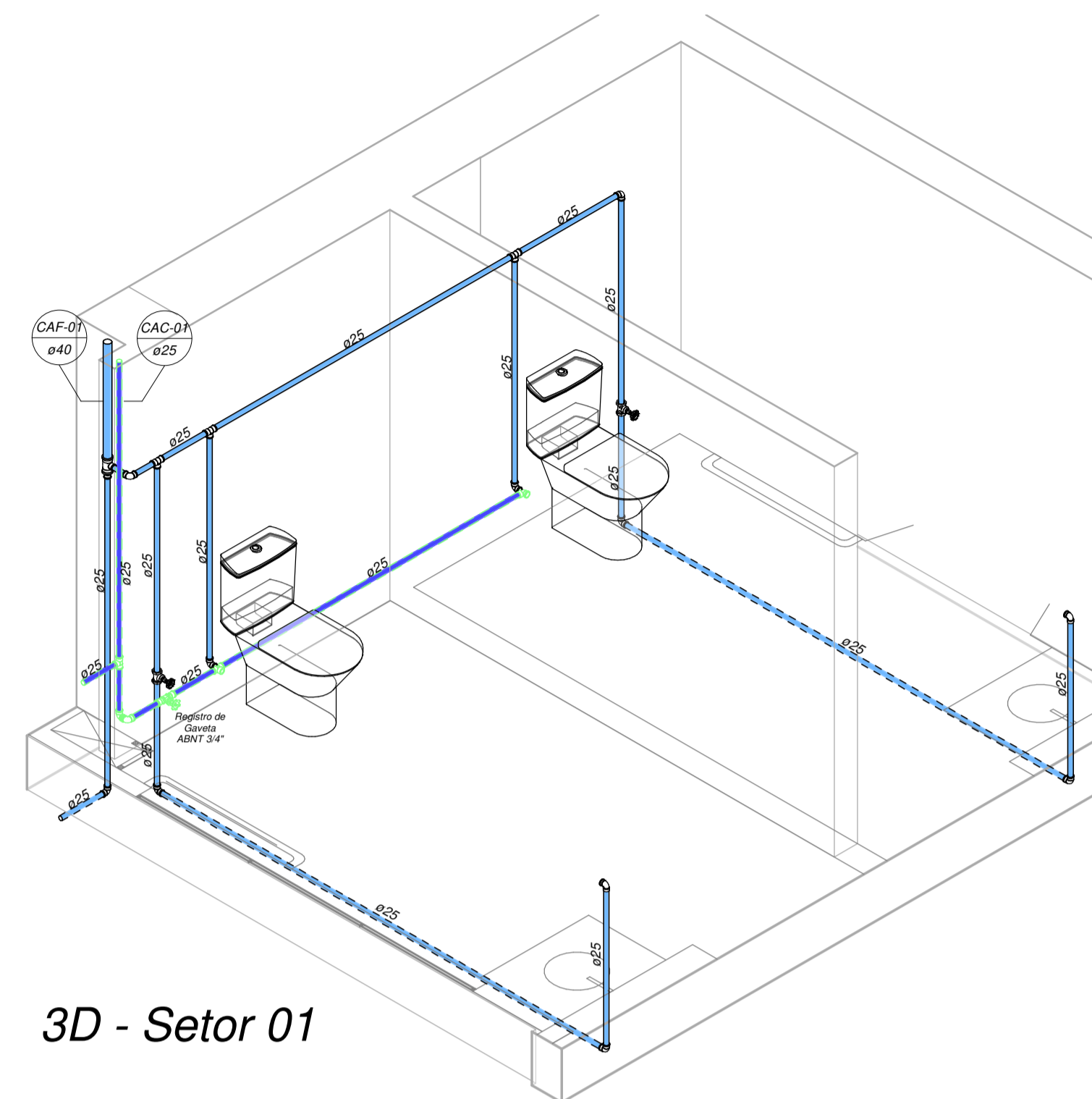
Projeto de Aproveitamento de Água da Chuva		Responsável Técnico	
Cliente	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	CREA	
Endereço	Praça Argentina, 09 - Centro Histórico, Porto Alegre	Francha	101
Descrição	Planta Baixa - Pavimento Subsol	Arquivo	CEN-101-00-SUB-R02
		Esca	Indicada



Setor-01 - Pavimento Subsolo
1 : 25

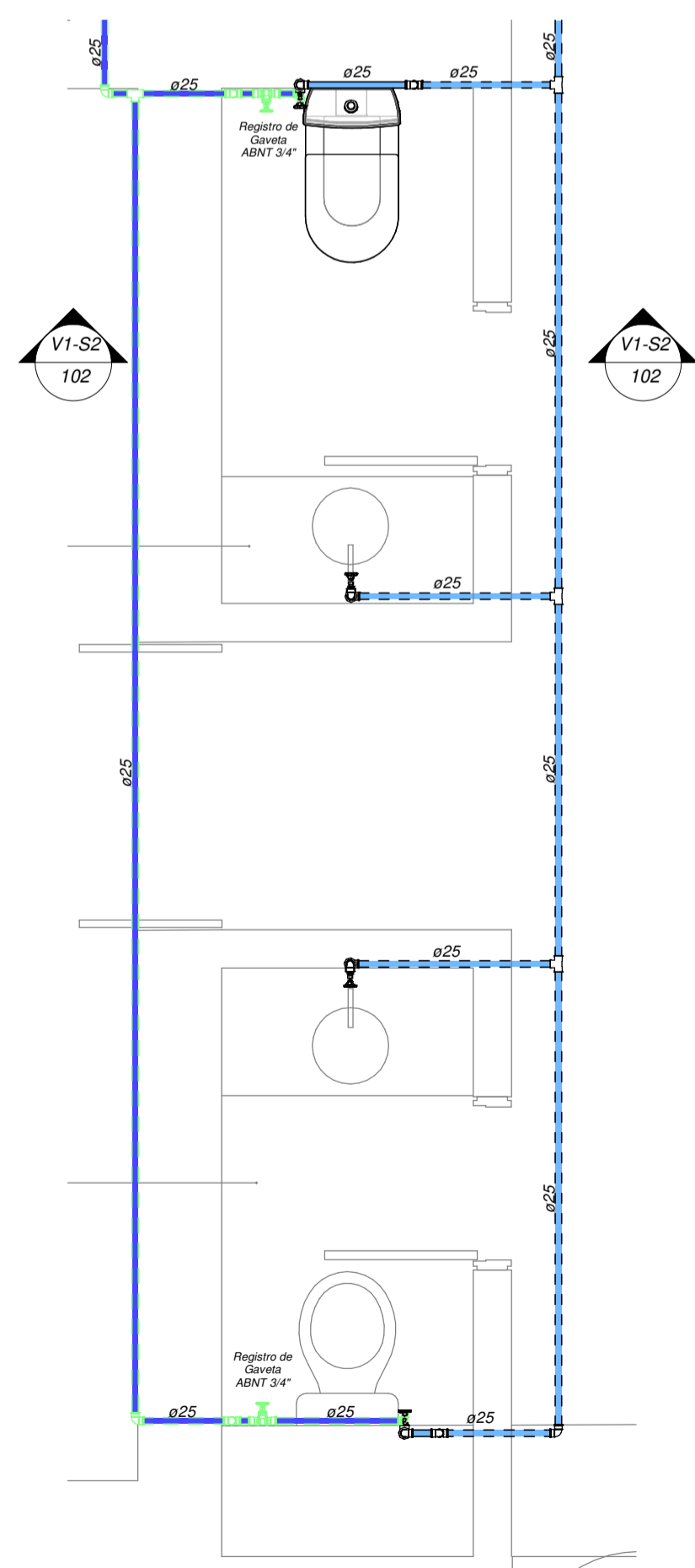


Vista 01 - Setor 01
1 : 25

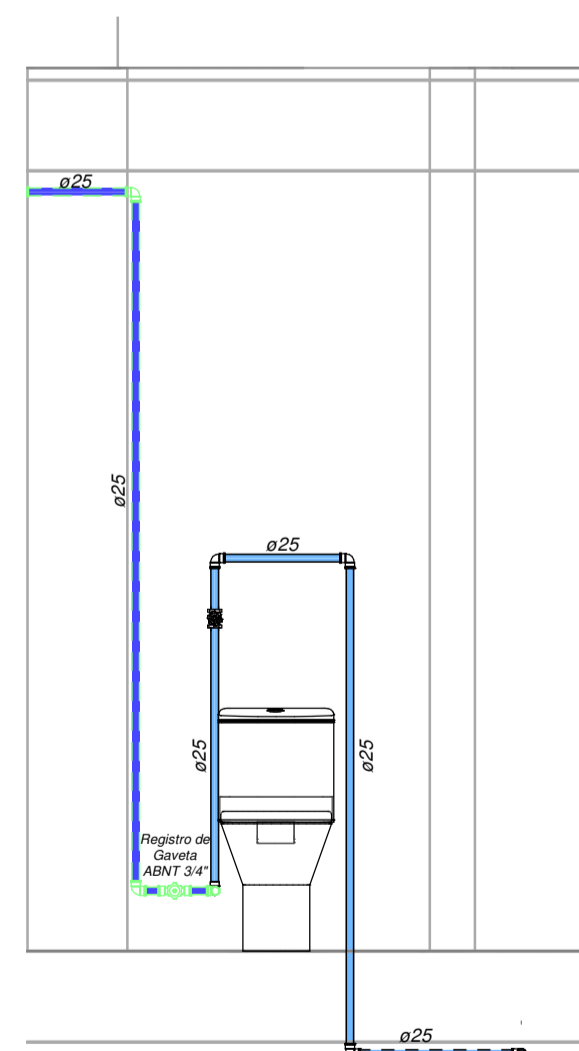


3D - Setor 01

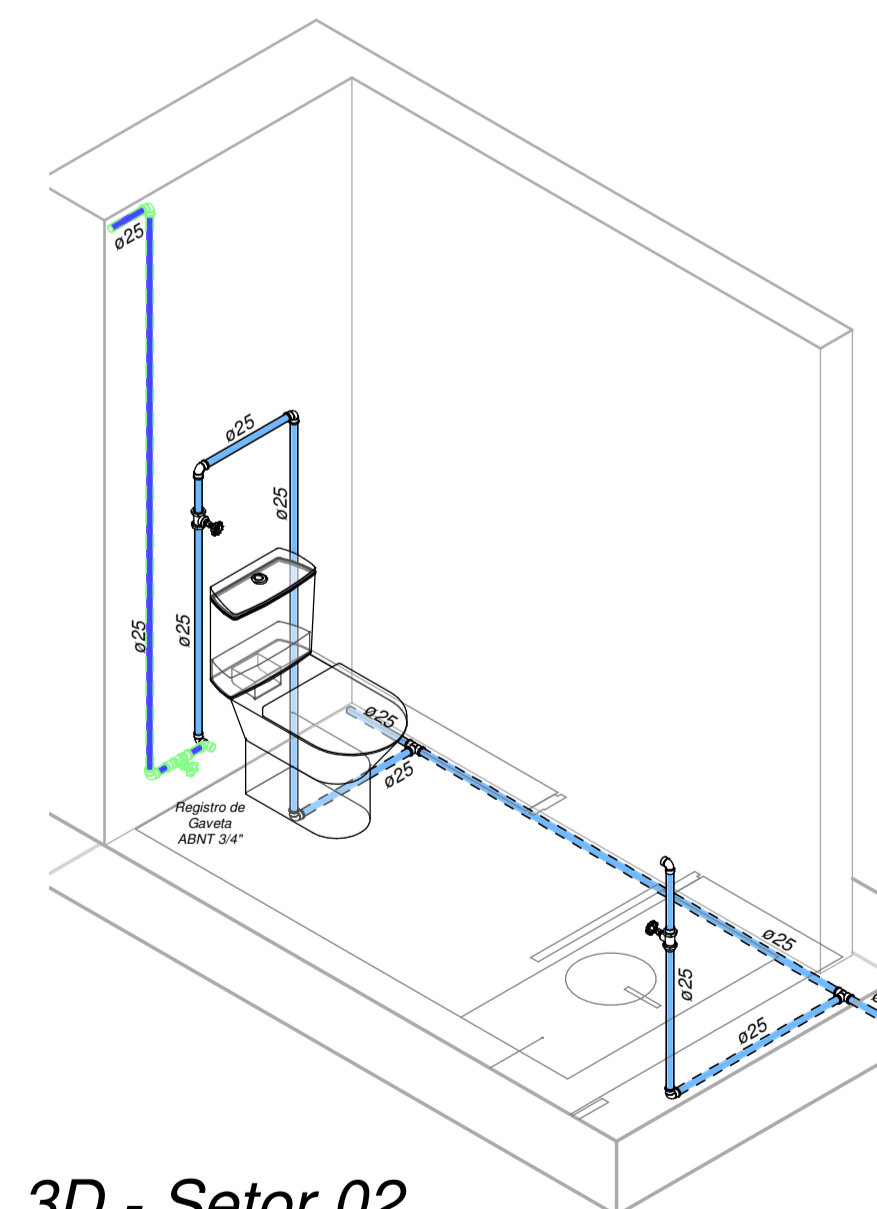
	Nome e número da coluna	Legenda de cores Água Fria Água Quente Água da Chuva Recalque Ventilação Água Pluvial Água Sanitária Gordura
	Diâmetro da coluna	
CAF	COLUNA DE ÁGUA FRIA	Legenda de linhas Existente Existente sob piso A construir Elementos em vermelho: A demolir
ALIM	COLUNA DE ALIMENTAÇÃO DA ÁGUA FRIA	
CAC	COLUNA DE ÁGUA DA CHUVA	
REC	COLUNA DE RECALQUE	
TQP	TUBO DE QUEDA PLUVIAL	
TQS	TUBO DE QUEDA SANITÁRIO	
TV	TUBO DE VENTILAÇÃO	



Setor 02 - Pavimento Subsolo
1 : 25



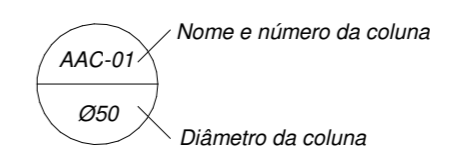
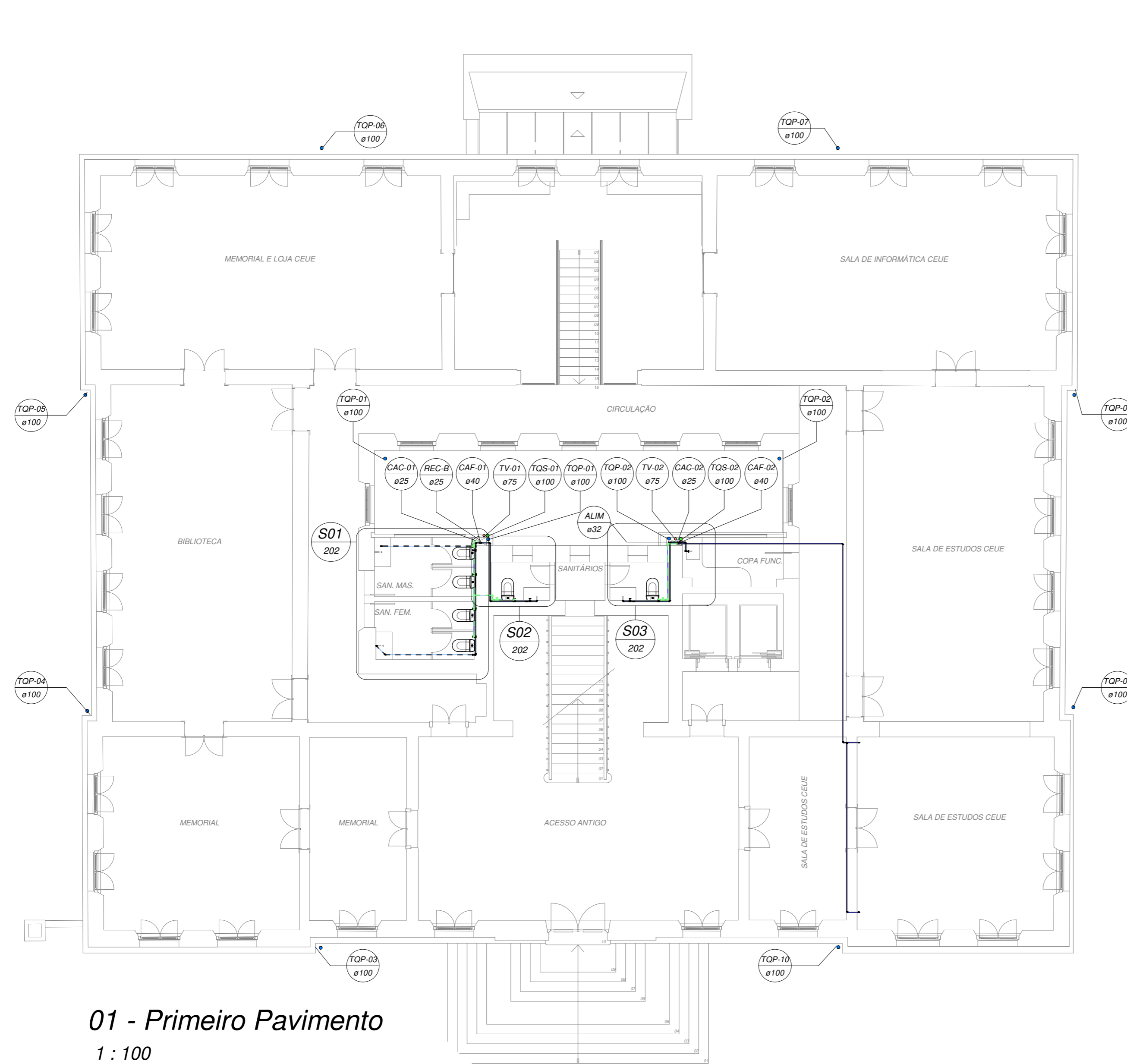
Vista 01 - Setor 02
1 : 25



3D - Setor 02

09/12/2022	Detalhamento	R02	EAL
07/09/2021	Tubulação Aparente	R01	EAL
06/10/2021	Emissão Inicial	R00	EAL
Data	Descrição	Revisão	Responsável

Projeto de Aproveitamento de Água da Chuva		Responsável Técnico	
Cliente	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	CREA	
Endereço	Praça Argentina, 09 - Centro Histórico, Porto Alegre	Francha	102
Descrição	Setores e Vistas - Pavimento Subsolo	Arquivo	CEN-102-00-SUB-R02
		Escola	Indicada



CAF	COLUNA DE ÁGUA FRIA
ALIM	COLUNA DE ALIMENTAÇÃO DA ÁGUA FRIA
CAC	COLUNA DE ÁGUA DA CHUVA
REC	COLUNA DE RECALQUE
TQP	TUBO DE QUEDA PLUVIAL
TQS	TUBO DE QUEDA SANITÁRIO
TV	TUBO DE VENTILAÇÃO

Legenda de cores

█	Água Fria
█	Água Quente
█	Água da Chuva
█	Recalque
█	Ventilação
█	Água Pluvial
█	Água Sanitária
█	Gordura

Legenda de linhas

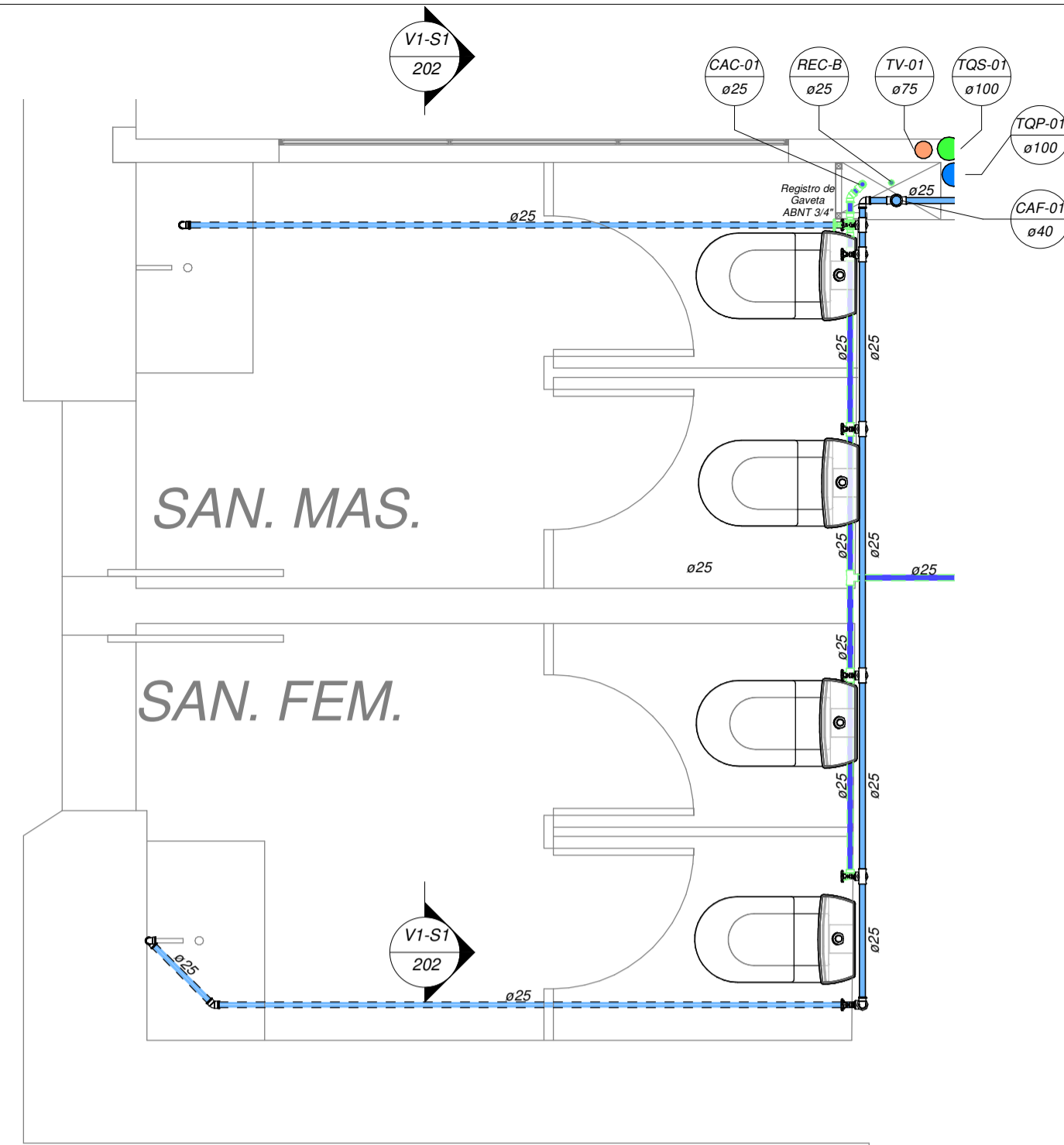
—	Existente
---	Existente sob piso
---	A construir

Elementos em vermelho: A demolir

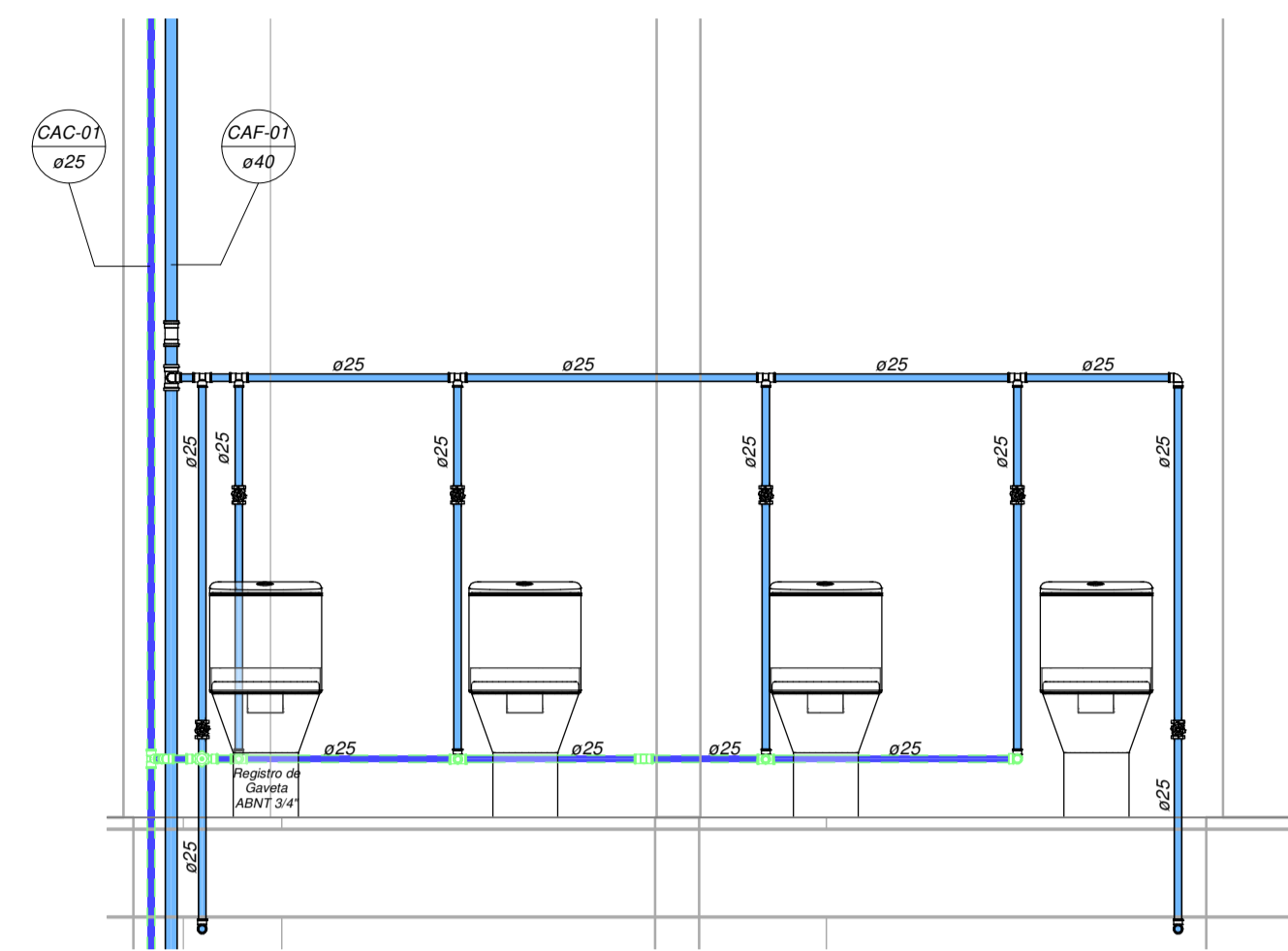
01 - Primeiro Pavimento
1 : 100

09/12/2022	Detalhamento	R02	EAL
07/09/2021	Tubulação Aparente	R01	EAL
06/10/2021	Emissão Inicial	R00	EAL
Data	Descrição	Revisão	Responsável

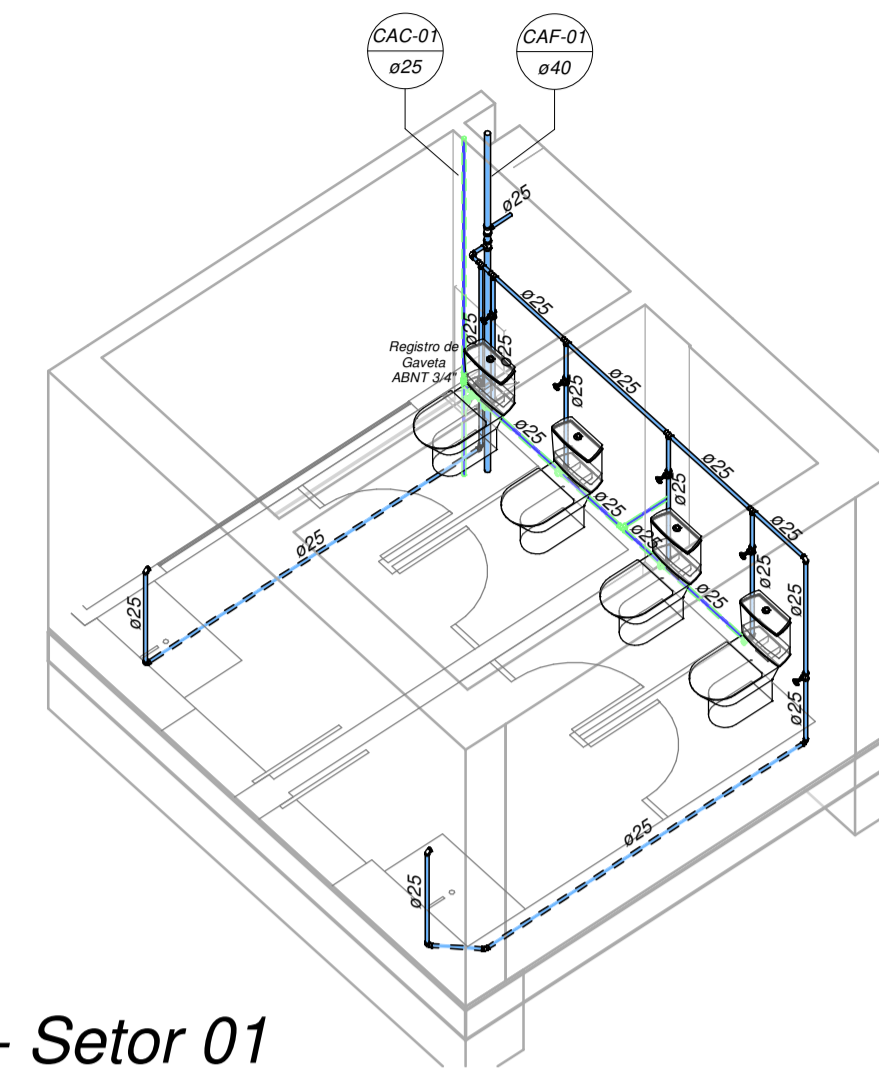
Projeto de Aproveitamento de Água da Chuva		Responsável Técnico	
Cliente	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	CREA	
Endereço	Praça Argentina, 09 - Centro Histórico, Porto Alegre	Prancha	201
Descrição	Planta Baixa - Primeiro Pavimento	Arquivo	CEN-201-01-PV1-R02
		Escala	Indicada



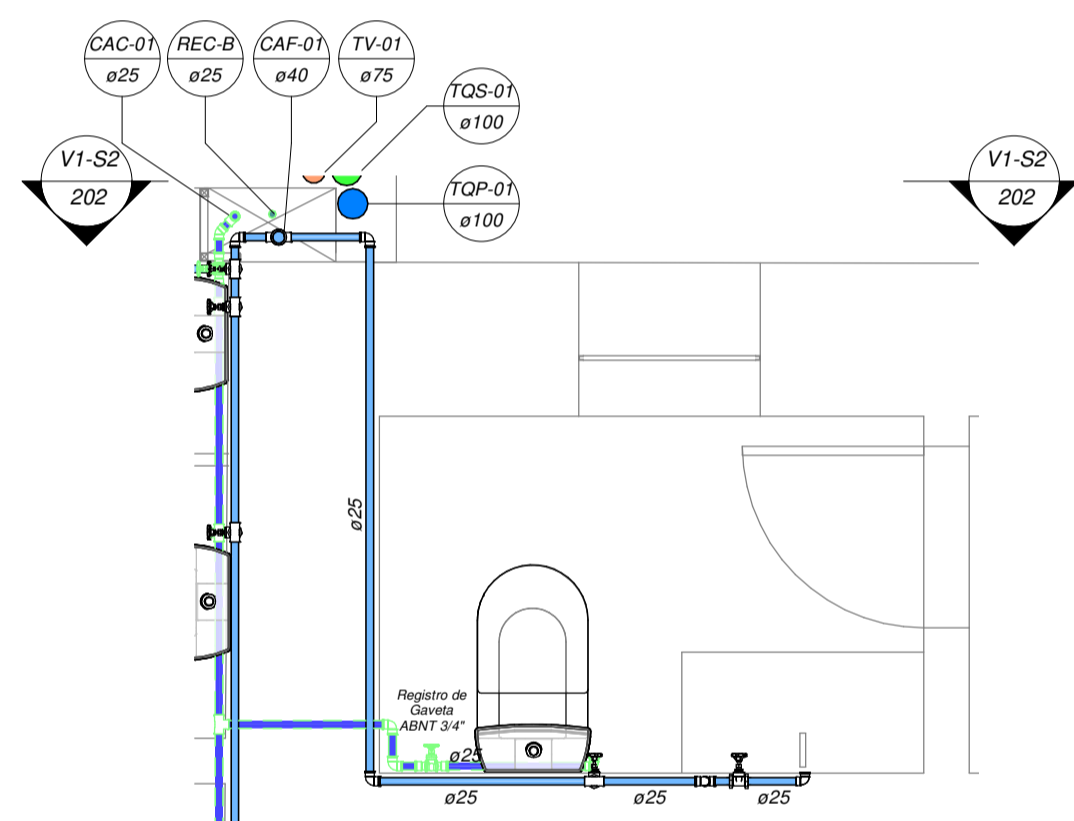
Setor 01 - Primeiro Pavimento
1 : 25



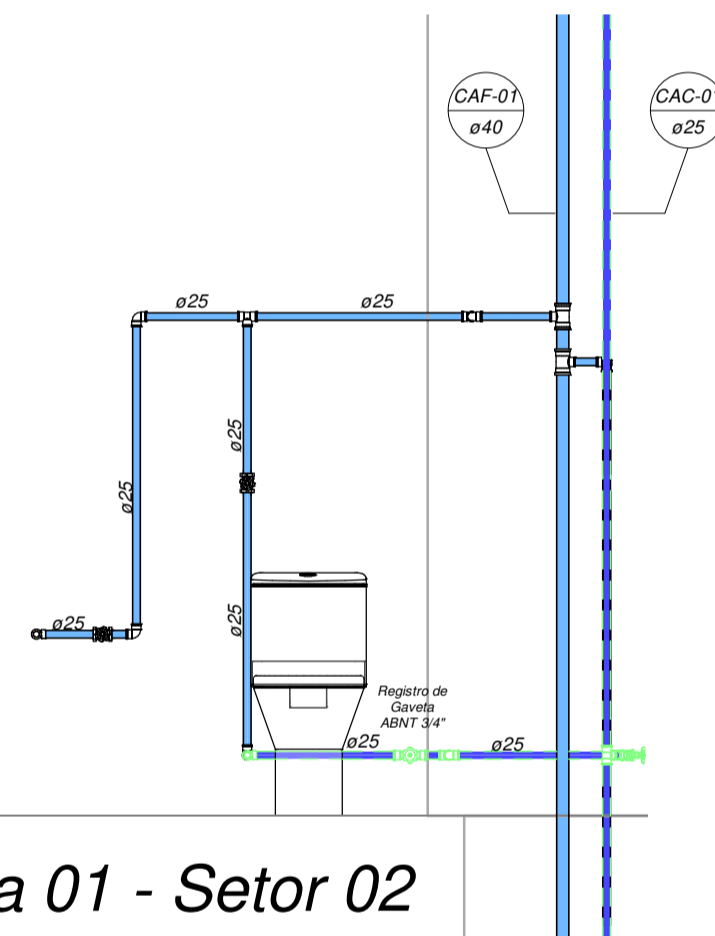
Vista 01 - Setor 01
1 : 25



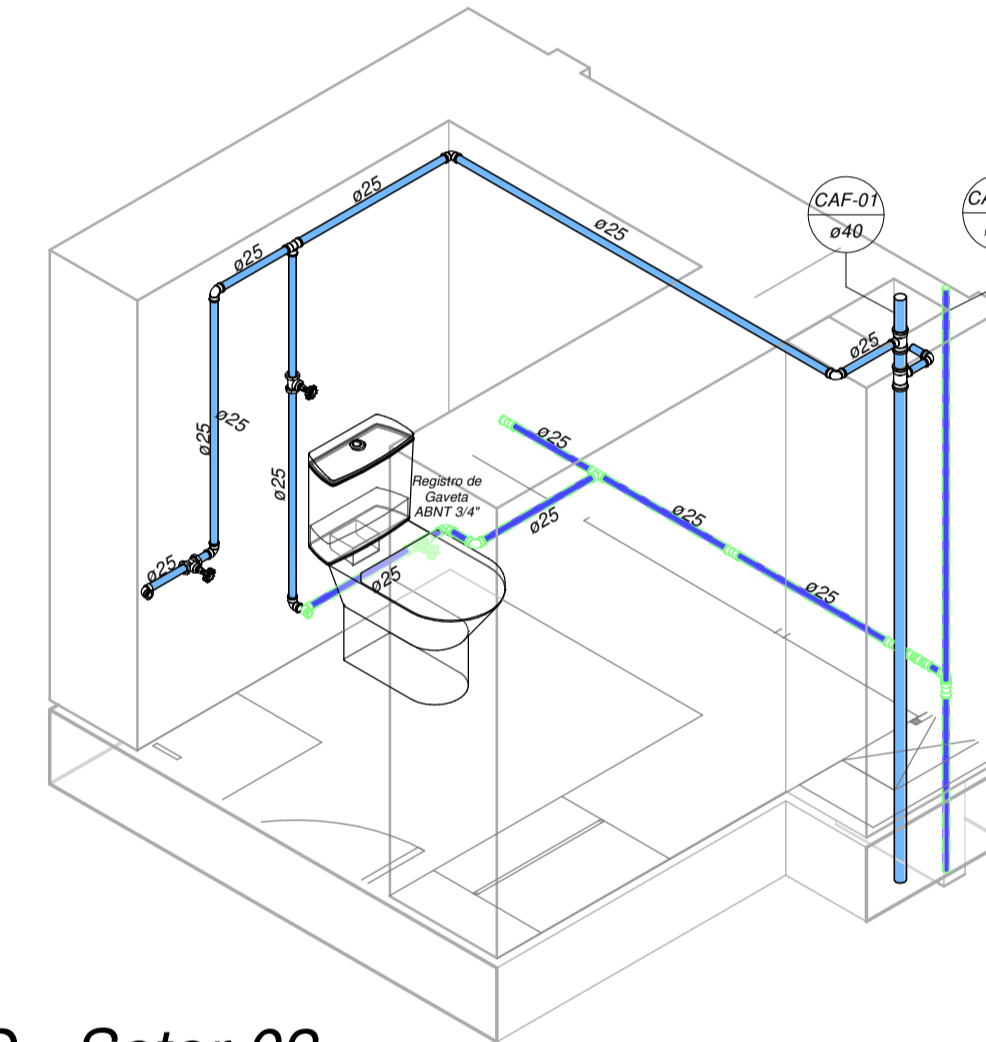
3D - Setor 01



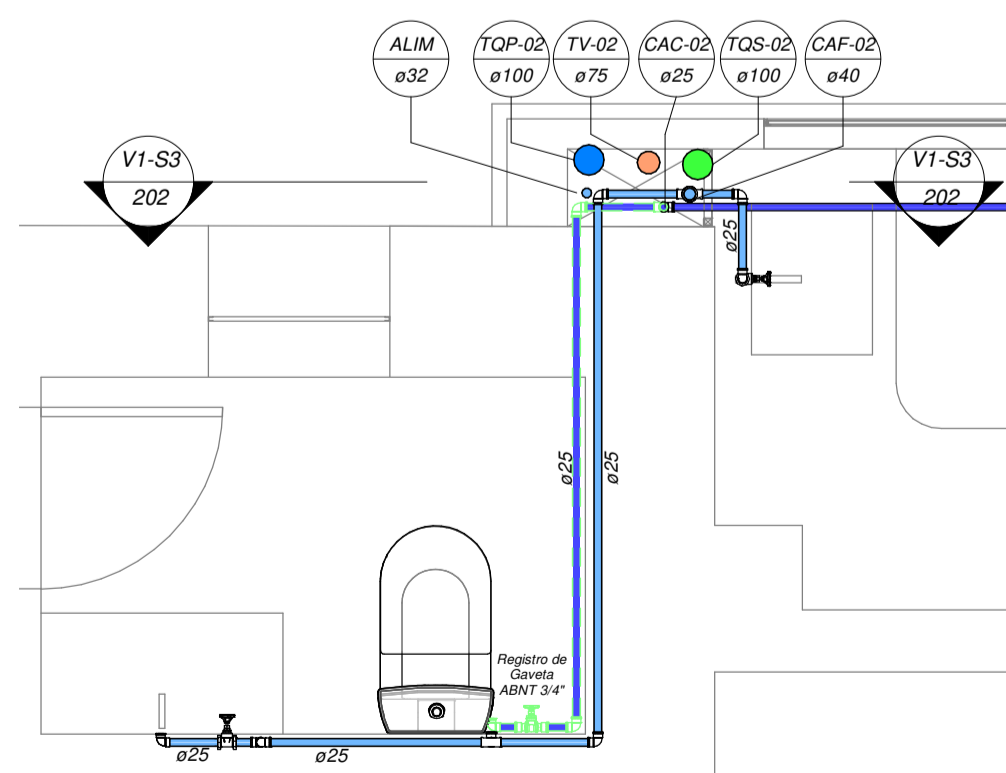
Setor 02 - Primeiro Pavimento
1 : 25



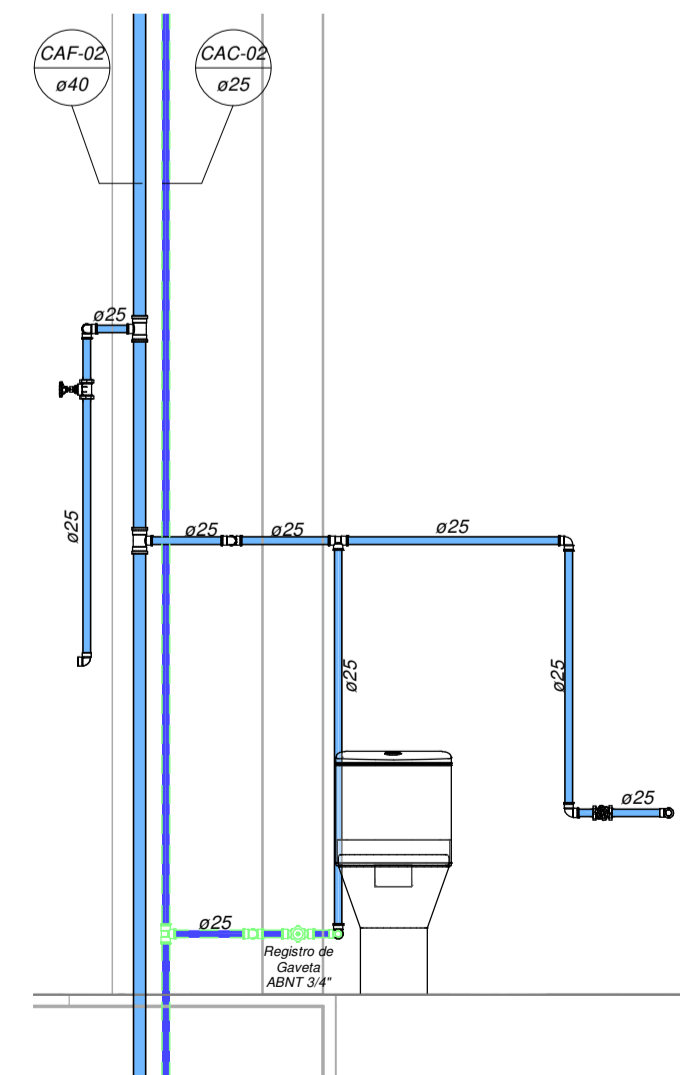
Vista 01 - Setor 02
1 : 25



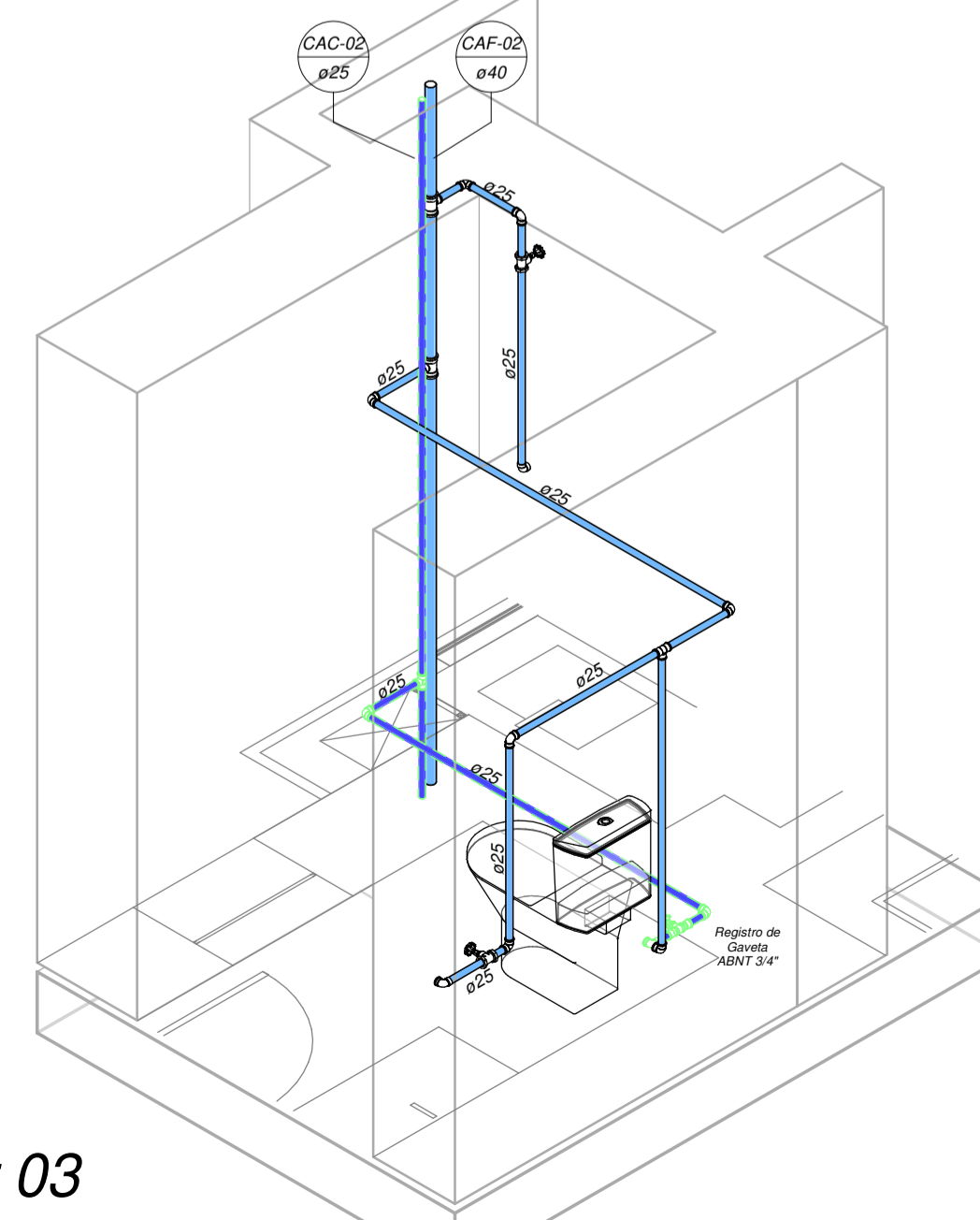
3D - Setor 02



Setor 03 - Primeiro Pavimento
1 : 25



Vista 01 - Setor 03
1 : 25

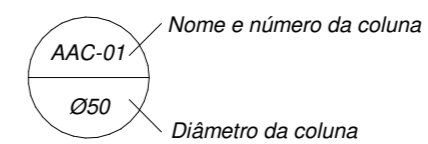
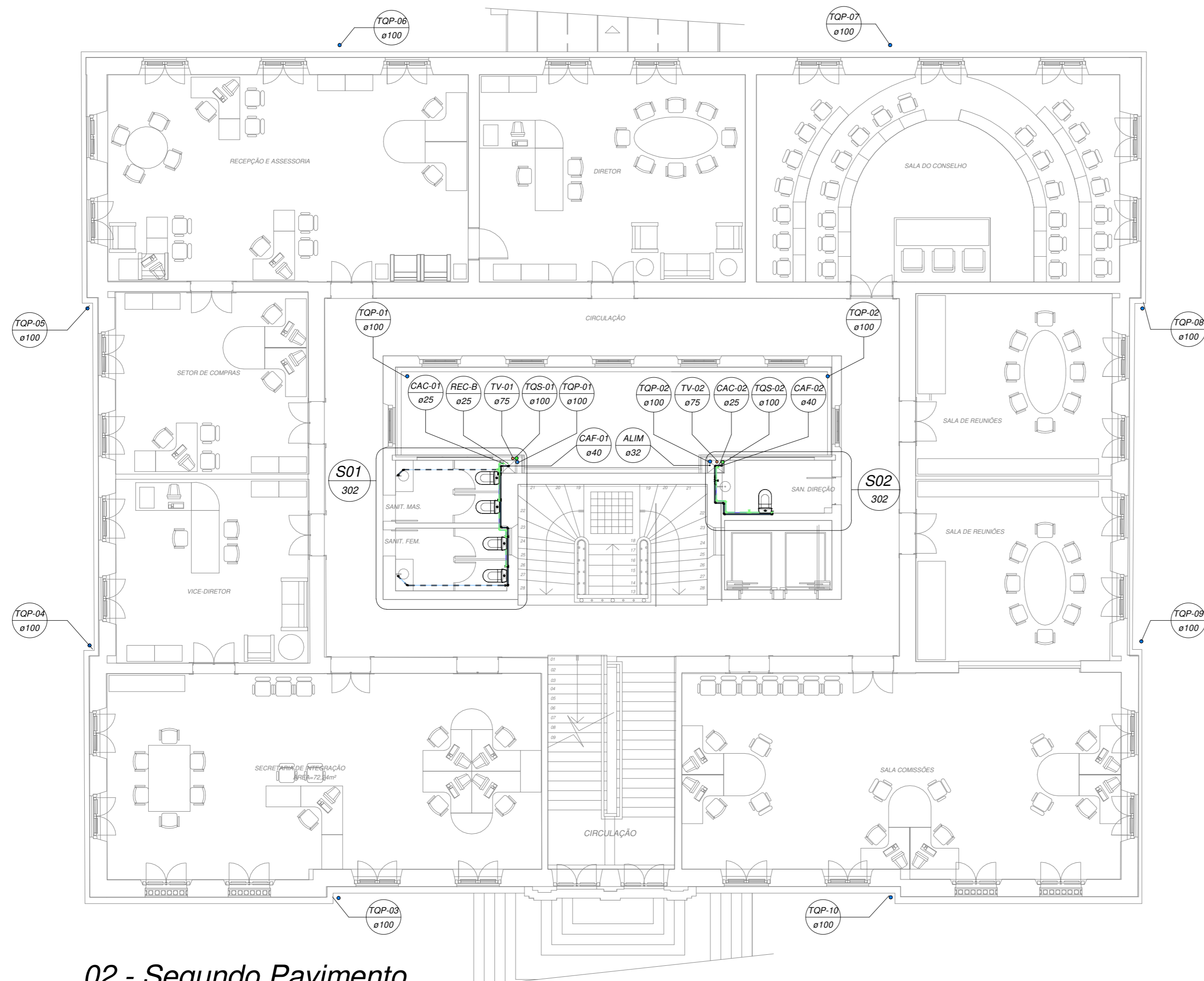


3D - Setor 03

Nome e número da coluna		Legenda de cores	
AAC-01	ø50	■	Água Fria
		■	Água Quente
		■	Água da Chuva
		■	Recalque
		■	Ventilação
		■	Água Pluvial
		■	Água Sanitária
		■	Gordura
Legenda de linhas			
—		—	Existente
- - -		- - -	Existente sob piso
---		---	A construir
		■ Elementos em vermelho: A demolir	

09/12/2022	Detalhamento	R02	EAL
07/09/2021	Tubulação Aparente	R01	EAL
06/10/2021	Emissão Inicial	R00	EAL
Data	Descrição	Revisão	Responsável

Projeto de Aproveitamento de Água da Chuva			Responsável Técnico
Cliente	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS		CREA
Endereço	Praça Argentina, 09 - Centro Histórico, Porto Alegre		Francha 202
Descrição	Setores e Vistas - Primeiro Pavimento		Arquivo CEN-202-01-PV1-R02
			Escala Indicada



CAF	COLUNA DE ÁGUA FRIA
ALIM	COLUNA DE ALIMENTAÇÃO DA ÁGUA FRIA
CAC	COLUNA DE ÁGUA DA CHUVA
REC	COLUNA DE RECALQUE
TQP	TUBO DE QUEDA PLUVIAL
TQS	TUBO DE QUEDA SANITÁRIO
TV	TUBO DE VENTILAÇÃO

Legenda de cores

█	Água Fria
█	Água Quente
█	Água da Chuva
█	Recalque
█	Ventilação
█	Água Pluvial
█	Água Sanitária
█	Gordura

Legenda de linhas

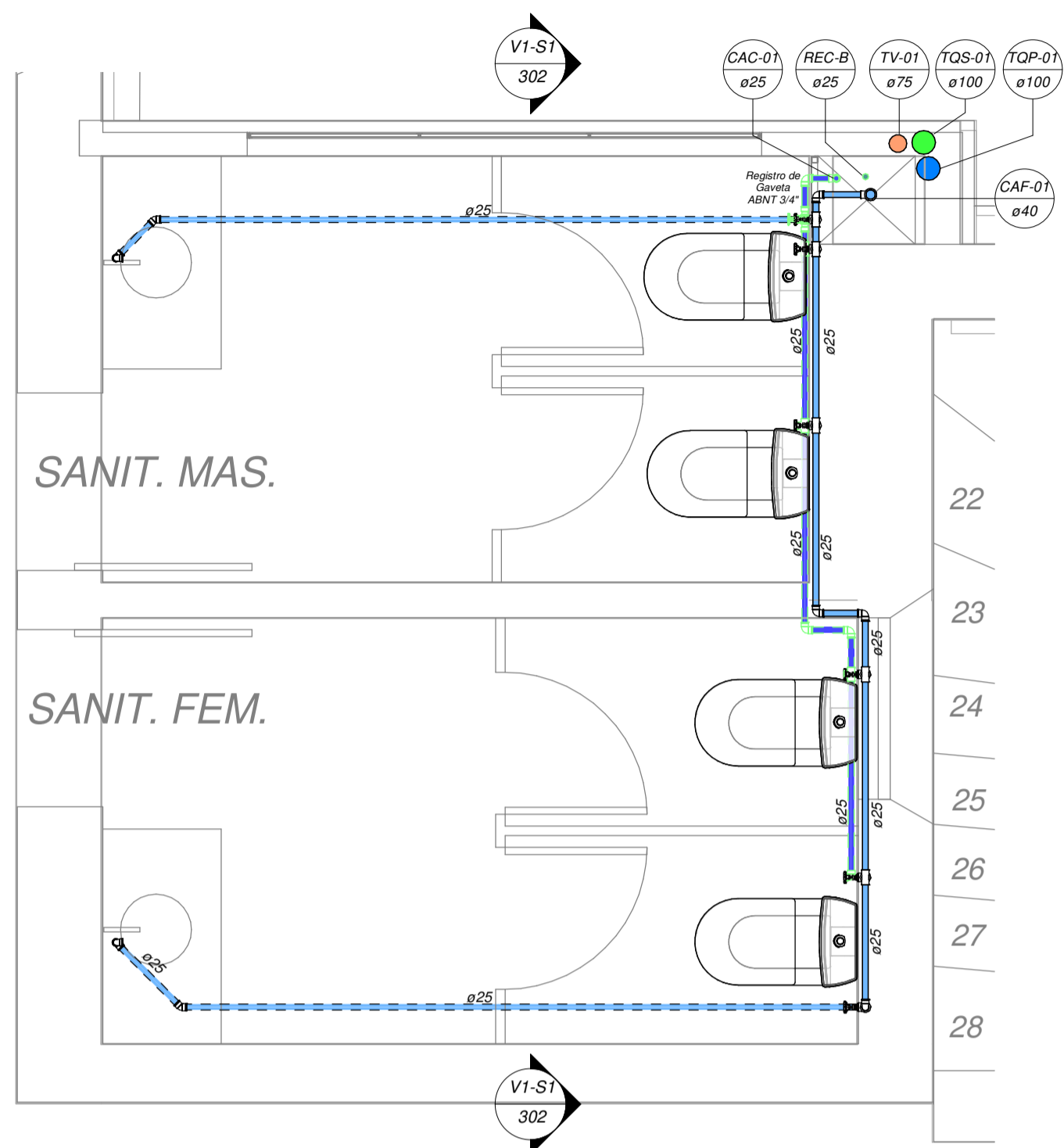
	Existente
	Existente sob piso
	A construir

Elementos em vermelho: A demolir

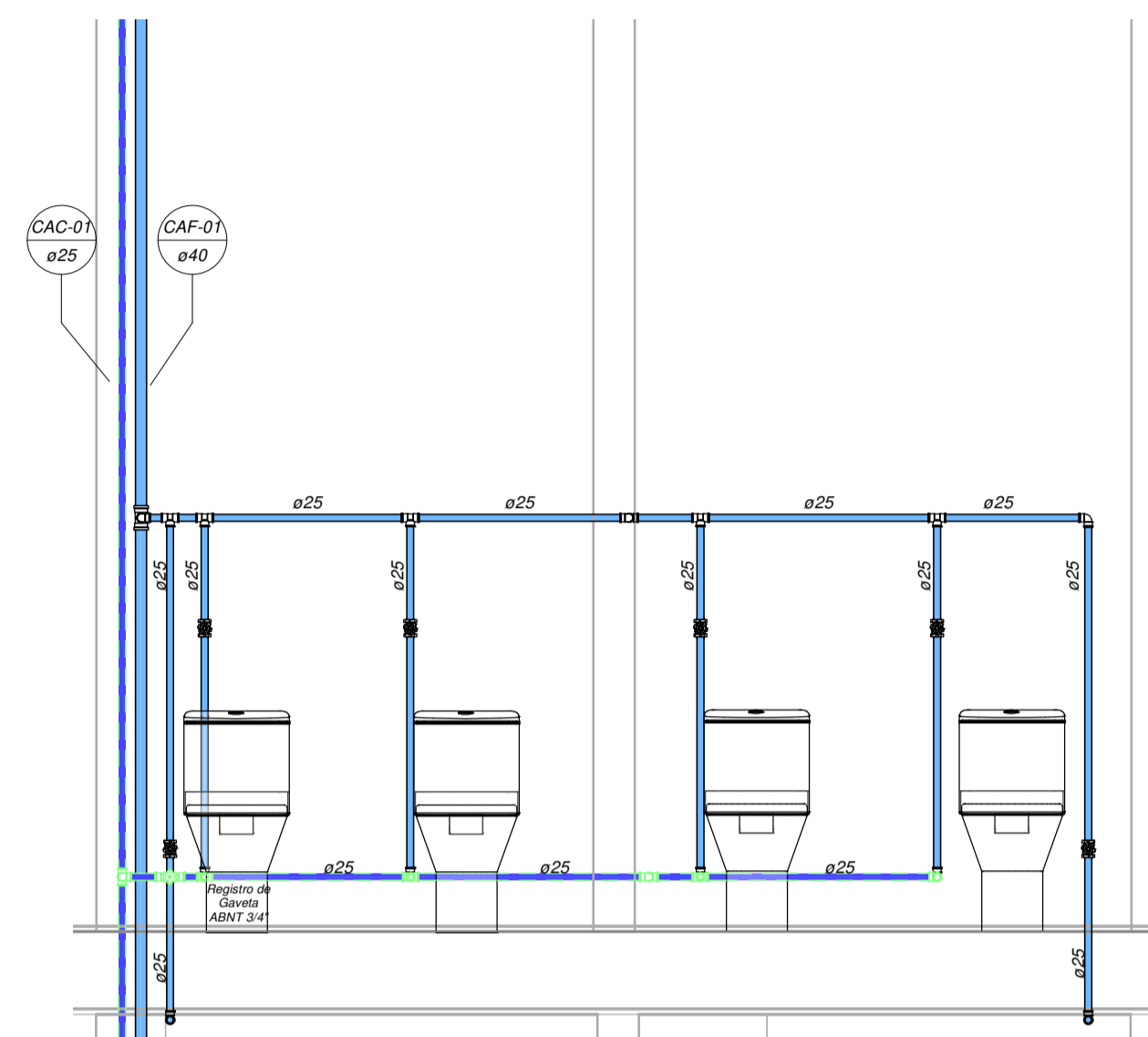
02 - Segundo Pavimento
1 : 100

09/12/2022	Detalhamento	R02	EAL
07/09/2021	Tubulação Aparente	R01	EAL
06/10/2021	Emissão Inicial	R00	EAL
Data	Descrição	Revisão	Responsável

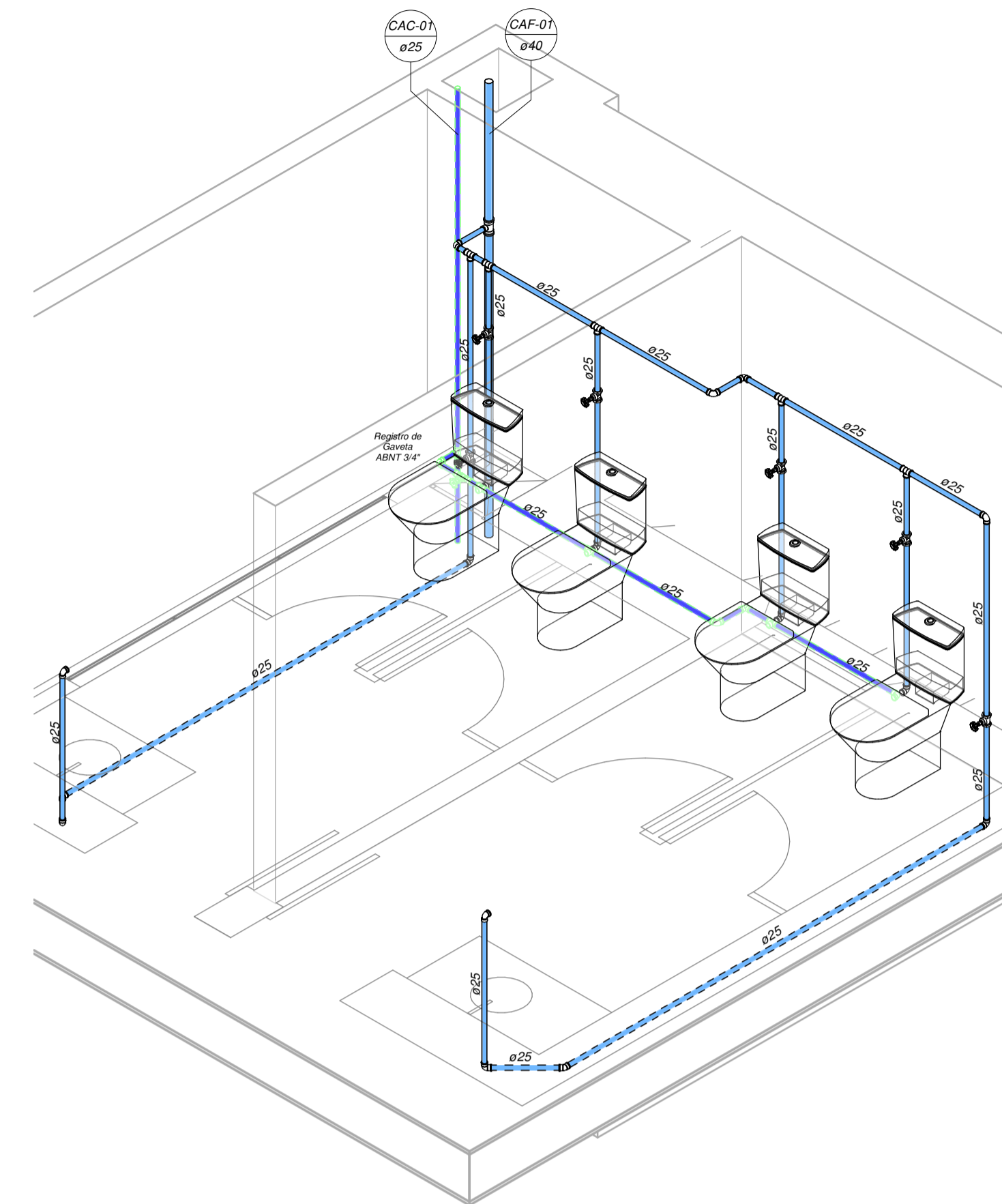
Projeto de Aproveitamento de Água da Chuva		Responsável Técnico	
Cliente	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	CREA	
Endereço	Praça Argentina, 09 - Centro Histórico, Porto Alegre	Prancha	301
Descrição	Planta Baixa - Terceiro Pavimento	Arquivo	CEN-301-02-PV2-R02
		Escala	Indicada



Setor 01 - Segundo Pavimento
1 : 25



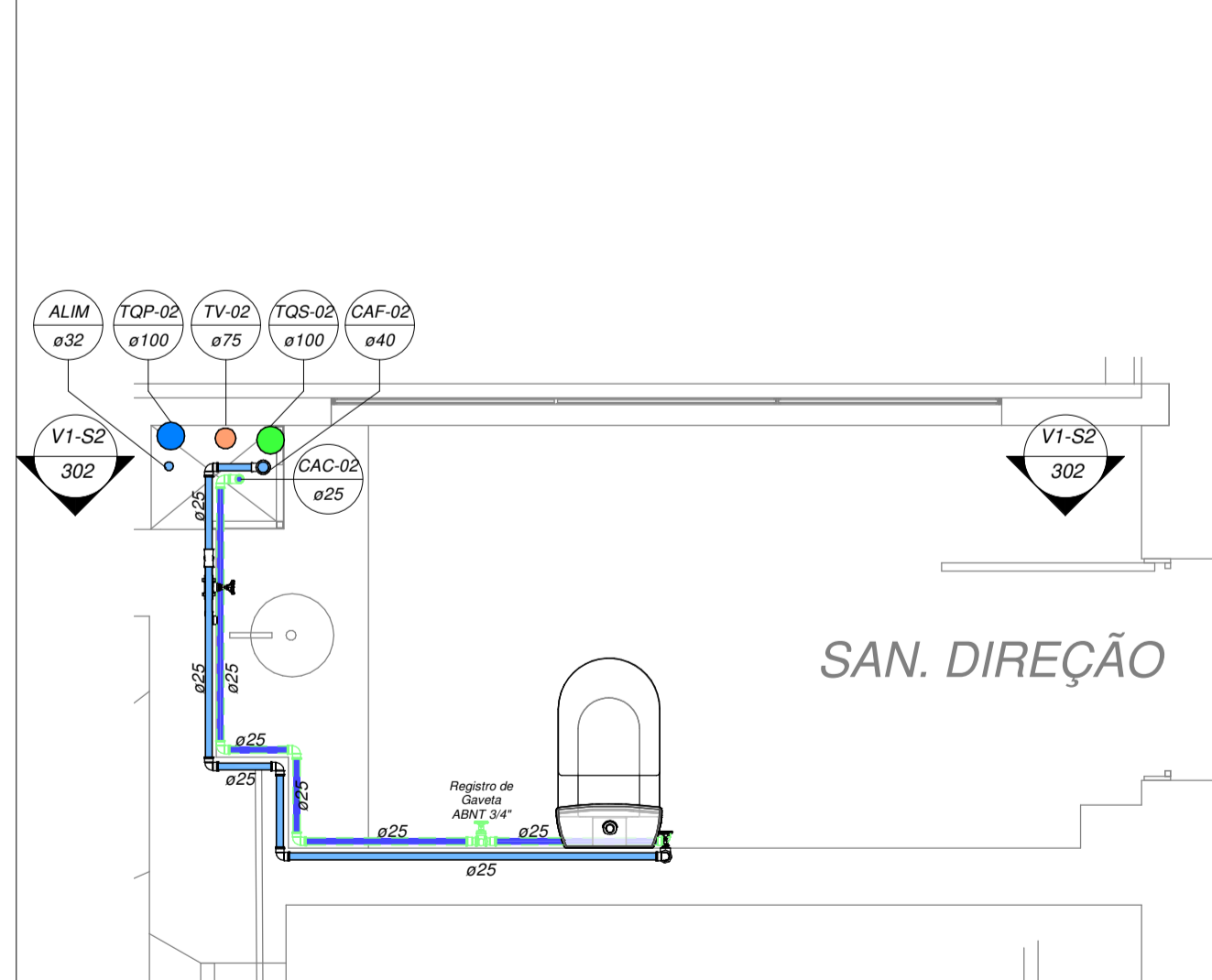
Vista 01 - Setor 01
1 : 25



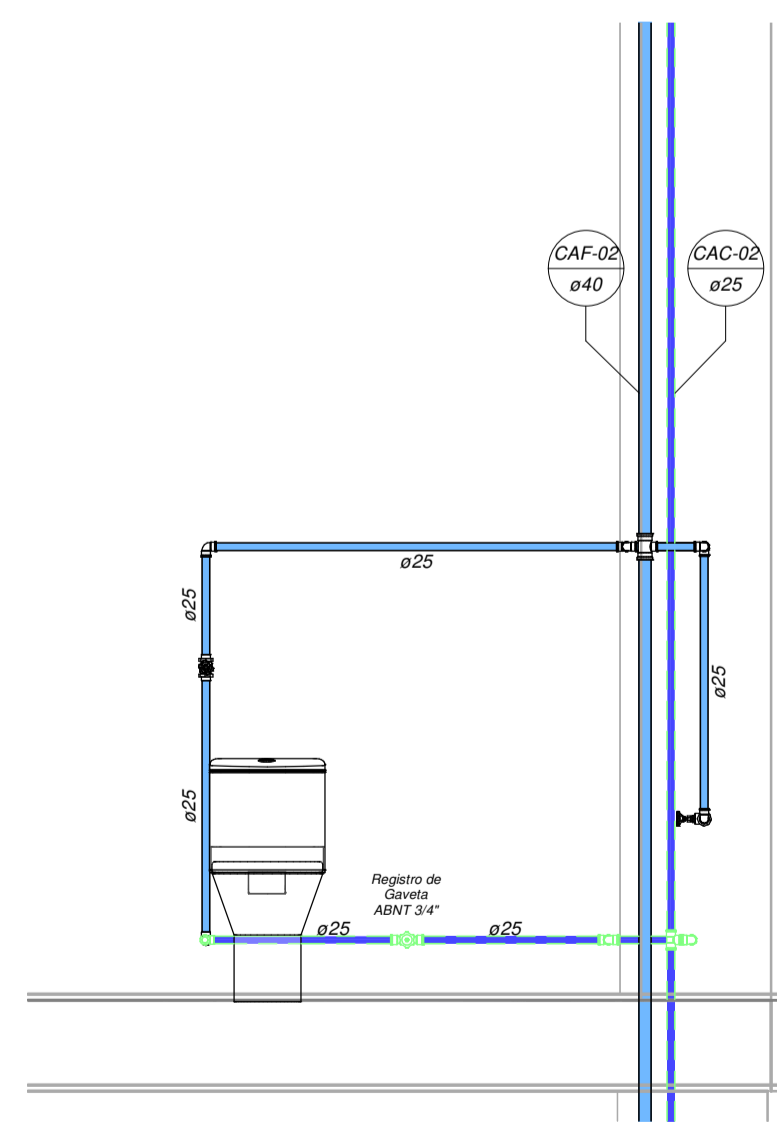
3D - Primeiro Banheiro

	Nome e número da coluna		Água Fria
	Diâmetro da coluna		Água Quente
			Água da Chuva
			Recalque
			Ventilação
			Água Pluvial
			Água Sanitária
			Gordura
			Existente
			Existente sob piso
			A construir
			Elementos em vermelho: A demolir

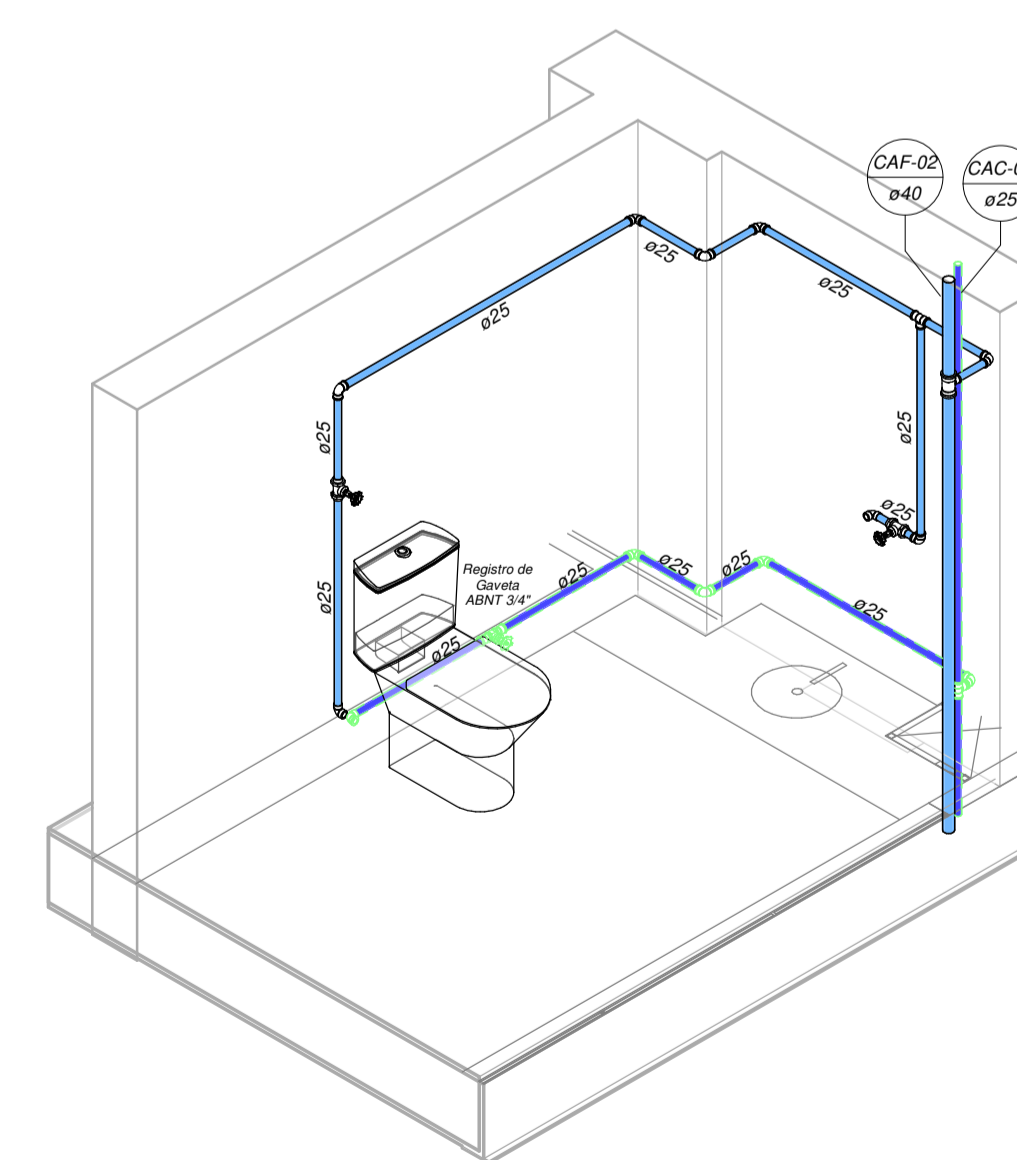
CAF	COLUNA DE ÁGUA FRIA
ALIM	COLUNA DE ALIMENTAÇÃO DA ÁGUA FRIA
CAC	COLUNA DE ÁGUA DA CHUVA
REC	COLUNA DE RECALQUE
TQP	TUBO DE QUEDA PLUVIAL
TQS	TUBO DE QUEDA SANITÁRIO
TV	TUBO DE VENTILAÇÃO



Setor 02 - Segundo Pavimento
1 : 25



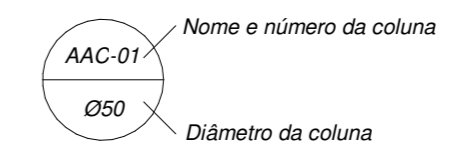
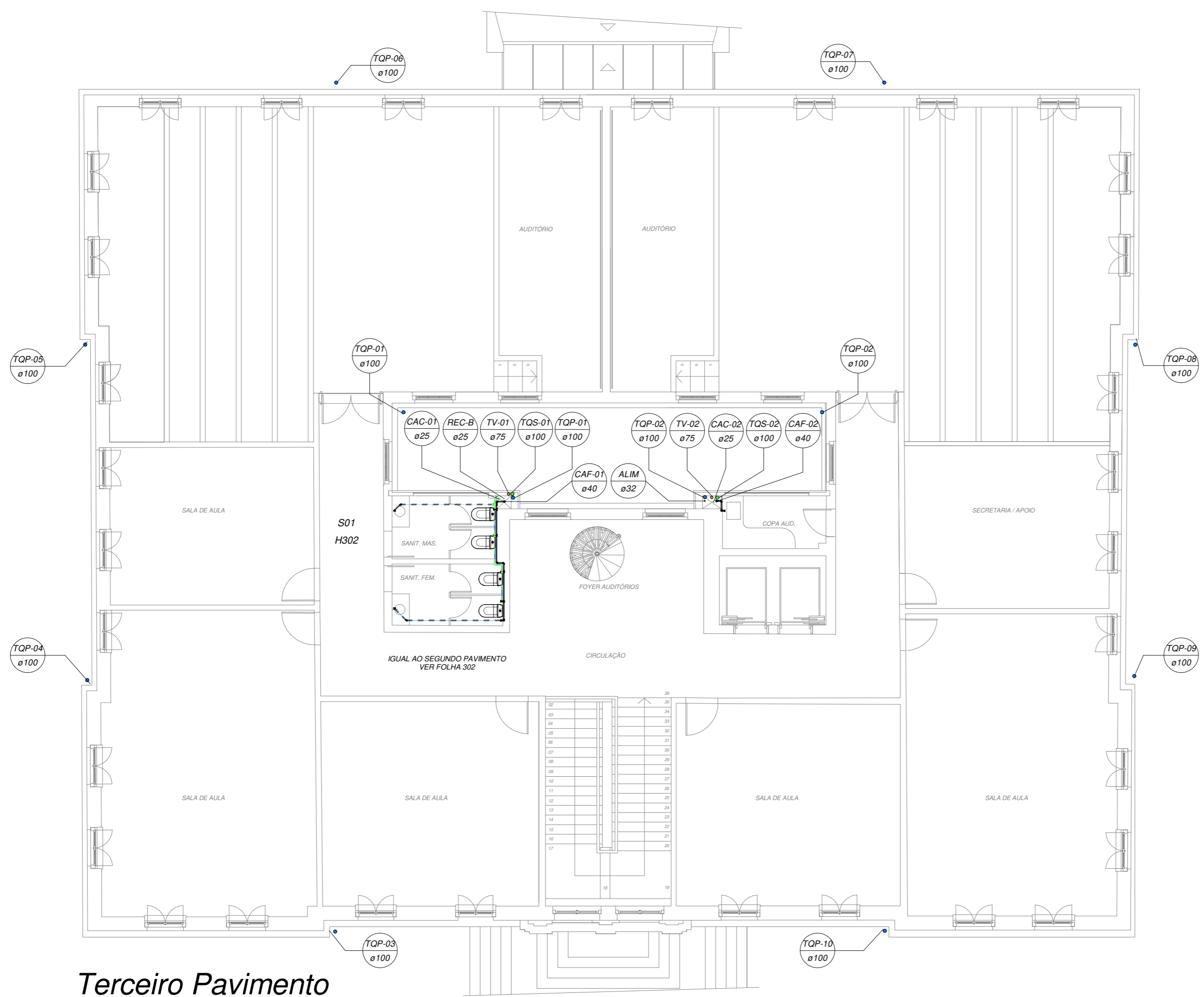
Vista 01 - Setor 02
1 : 25



3D - Segundo Banheiro

09/12/2022	Detalhamento	R02	EAL
07/09/2021	Tubulação Aparente	R01	EAL
06/10/2021	Emissão Inicial	R00	EAL
Data	Descrição	Revisão	Responsável

Projeto de Aproveitamento de Água da Chuva			Responsável Técnico
Cliente	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS		CREA
Endereço	Praça Argentina, 09 - Centro Histórico, Porto Alegre		Francha 302
Descrição	Setores e Vistas - Segundo Pavimento		Arquivo CEN-302-02-PV2-R02
			Escala Indicada



CAF	COLUNA DE ÁGUA FRIA
ALIM	COLUNA DE ALIMENTAÇÃO DA ÁGUA FRIA
CAC	COLUNA DE ÁGUA DA CHUVA
REC	COLUNA DE RECALQUE
TQP	TUBO DE QUEDA PLUVIAL
TQS	TUBO DE QUEDA SANITÁRIO
TV	TUBO DE VENTILAÇÃO

Legenda de cores

■	Água Fria
■	Água Quente
■	Água da Chuva
■	Recalque
■	Ventilação
■	Água Pluvial
■	Água Sanitária
■	Gordura

Legenda de linhas

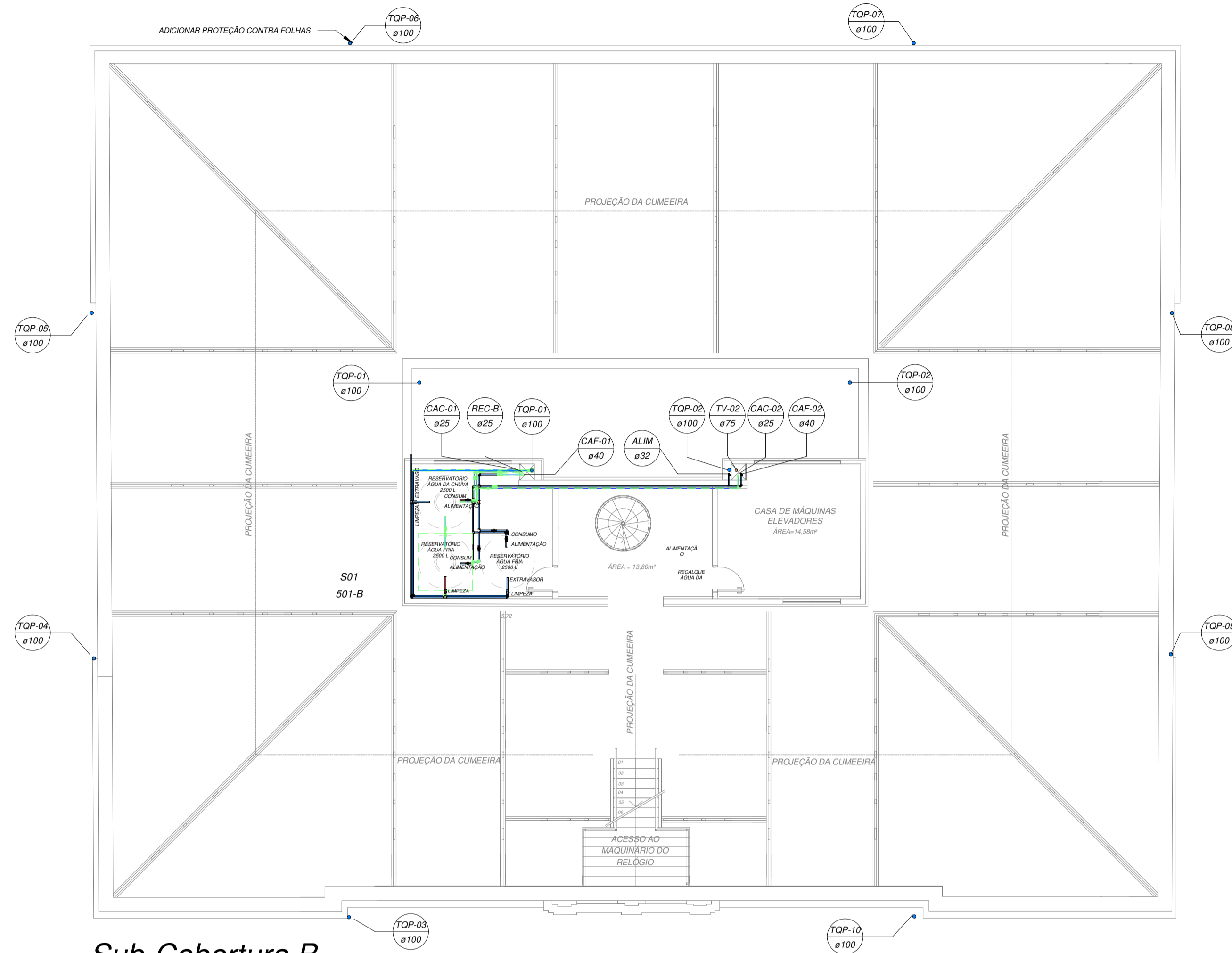
	Existente
	Existente sob piso
	A construir

Elementos em vermelho: A demolir

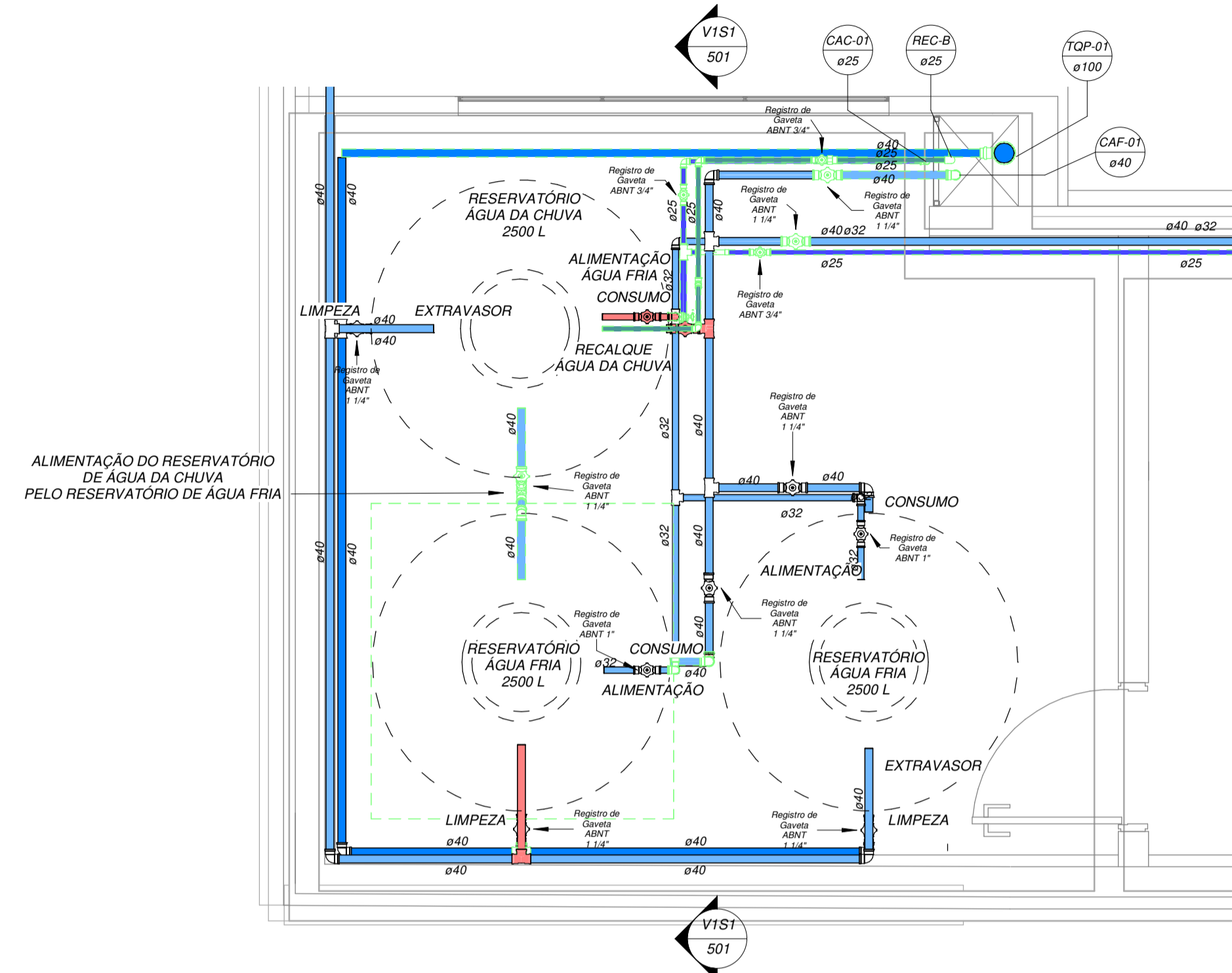
Terceiro Pavimento
1 : 100

09/12/2022	Detalhamento	R02	EAL
07/09/2021	Tubulação Aparente	R01	EAL
06/10/2021	Emissão Inicial	R00	EAL
Data	Descrição	Revisão	Responsável

Projeto de Aproveitamento de Água da Chuva		Responsável Técnico	
Cliente	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	CREA	
Endereço	Praça Argentina, 09 - Centro Histórico, Porto Alegre	Prancha	401
Descrição	Planta Baixa - Terceiro Pavimento	Arquivo	CEN-401-03-PV3-R02
		Escala	Indicada



Sub-Cobertura B
1 : 100



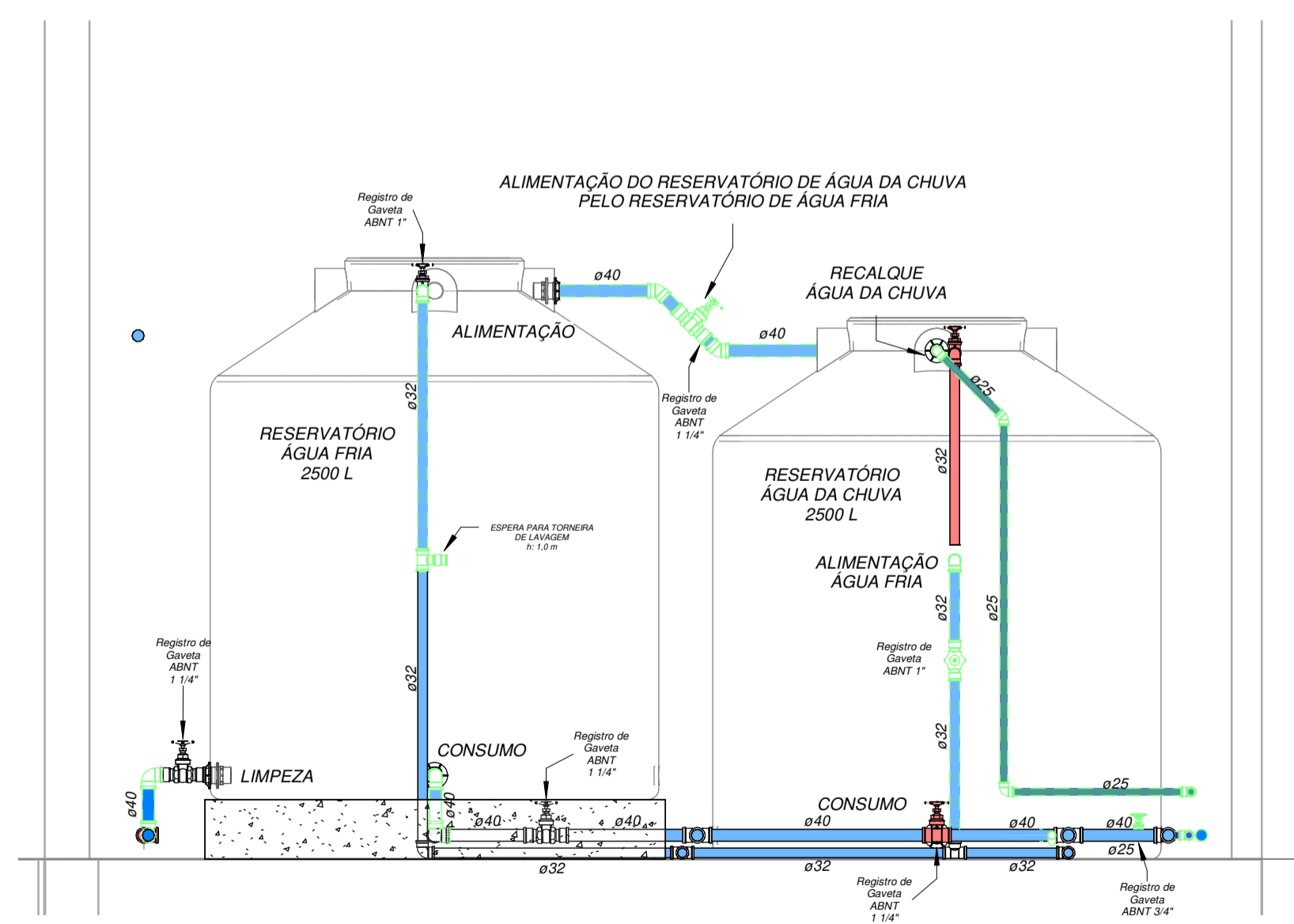
Setor 01 - Sub-Cobertura
1 : 25

Nome e número da coluna	
AAC-01	Ø50
Ø50	Diâmetro da coluna

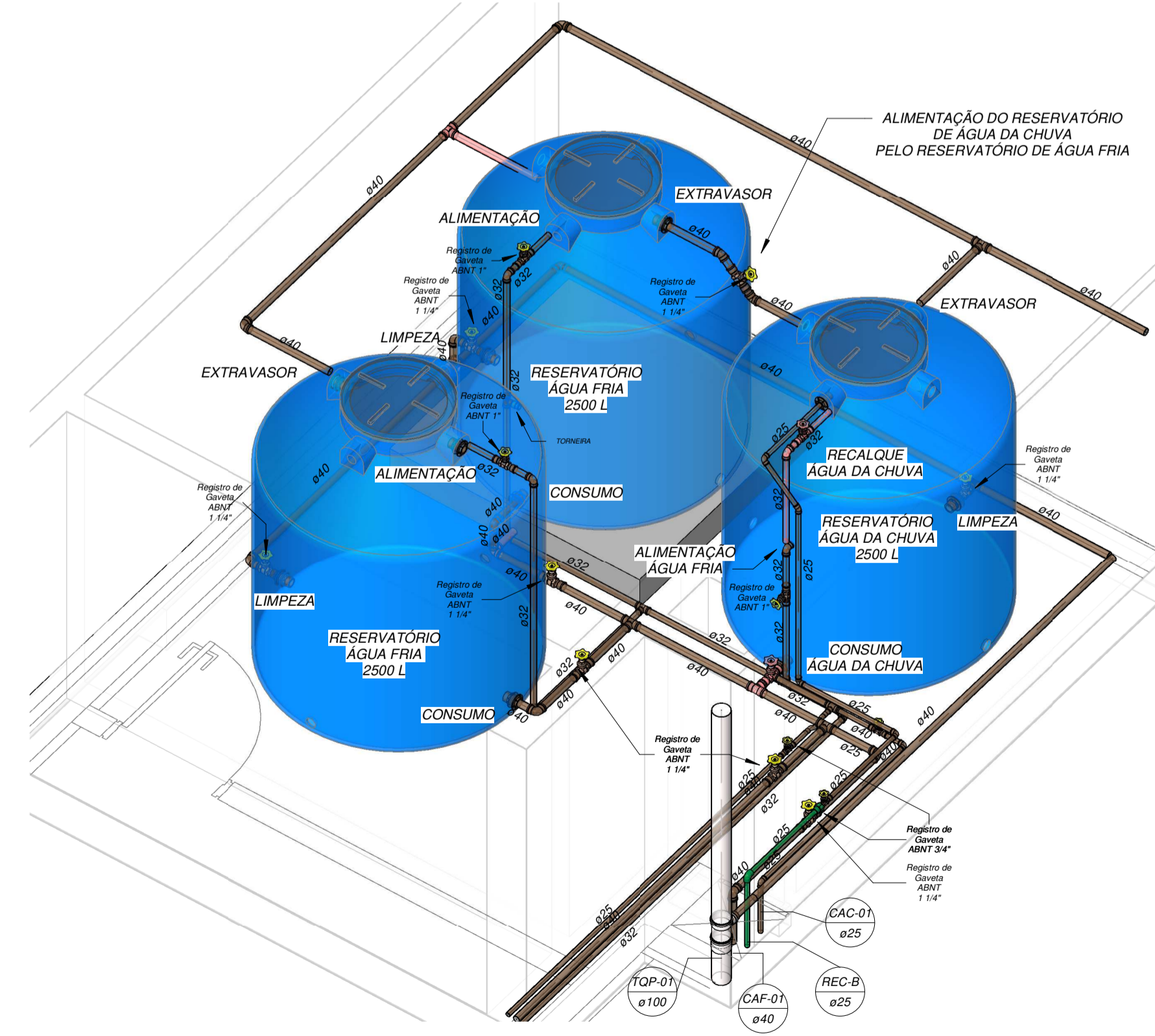
Legenda de cores	
[Blue]	Água Fria
[Red]	Água Quente
[Green]	Água da Chuva
[Orange]	Recalque
[Yellow]	Ventilação
[Light Blue]	Água Pluvial
[Light Green]	Água Sanitária
[Light Yellow]	Gordura

Legenda de linhas	
[Solid Line]	Existente
[Dashed Line]	Existente sob piso
[Dotted Line]	A construir
[Red Dotted Line]	Elementos em vermelho: A demolir

CAF	COLUNA DE ÁGUA FRIA
ALIM	COLUNA DE ALIMENTAÇÃO DA ÁGUA FRIA
CAC	COLUNA DE ÁGUA DA CHUVA
REC	COLUNA DE RECALQUE
TOP	TUBO DE QUEDA PLUVIAL
TQS	TUBO DE QUEDA SANITÁRIO
TV	TUBO DE VENTILAÇÃO



Vista 01 - Setor 01
1 : 20



3D - Reservatórios Superiores B

10/16/2022	Revisão Banca	R03	EAL
09/12/2022	Detalhamento	R02	EAL
07/09/2021	Tubulação Aparente	R01	EAL
Data	Descrição	Revisão	Responsável

Projeto de Aproveitamento de Água da Chuva		Responsável Técnico	
Cliente	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	CREA	
Endereço	Praça Argentina, 09 - Centro Histórico, Porto Alegre	França	501
Descrição	Planta Baixa e Detalhes - Pavimento Cobertura	Arquivo	CEN-501-04-COB-R03
		Escala	Indicada