

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MANUELLA BASTOS MACHADO

**APLICAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO DE INCÊNDIO
PARA UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR VERTICAL
DE USO MISTO, LOCALIZADA NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS/SC.**

FLORIANÓPOLIS, 2025.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MANUELLA BASTOS MACHADO

**APLICAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO DE INCÊNDIO
PARA UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR VERTICAL
DE USO MISTO, LOCALIZADA NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS/SC.**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora:
Profa. Ana Paula Pupo Correia, Dra.

FLORIANÓPOLIS, 2025

RESUMO

Este trabalho propõe o desenvolvimento do projeto de um Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) para uma edificação residencial multifamiliar vertical de uso misto, situada no município de Florianópolis/SC, com área construída de 43.347,81 m² e altura superior a 30 metros. O objetivo principal desse estudo é dimensionar e modelar o SHP em conformidade com a Instrução Normativa nº 07 – Sistema Hidráulico Preventivo, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) e com as normas técnicas da ABNT, em especial a NBR 13714:2000, que trata dos Sistemas de Hidrantes e Mangotinhos para Combate a Incêndio. A metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho é baseada na aplicação do *Building Information Modeling* (BIM), utilizando o *software* Autodesk Revit com nível de desenvolvimento LOD 300, que possibilitará a extração de quantitativos e maior precisão no dimensionamento do sistema. A escolha do tema se justifica pela atualização do plano diretor do município de Florianópolis em 2023, que permitiu construções mais verticalizadas, e pelas modificações nas instruções normativas do CBMSC, que impactam diretamente os parâmetros de projeto. Além disso, a autora possui vivência profissional na área de projetos, o que motivou a escolha do tema. O trabalho está estruturado de forma a apresentar inicialmente os conceitos teóricos sobre o Sistema Hidráulico Preventivo, seguido pela contextualização legal e normativa, descrição da edificação estudada e o roteiro metodológico de cálculo a ser seguido. Ao final do estudo, pode-se concluir que a elaboração do memorial descritivo, do projeto em ambiente BIM e a extração automática dos quantitativos permitiram validar a solução adotada, demonstrando coerência entre cálculos, modelagem e requisitos normativos. Além disso, os resultados evidenciaram a uniformidade de comportamento hidráulico entre as torres e apontaram oportunidades de aprimoramento relacionadas à padronização das famílias utilizadas no Revit. Dessa forma, o trabalho consolida uma metodologia completa e aplicável para projetos de sistemas hidráulicos preventivos em edificações multifamiliares de uso misto.

Palavras-chave: Sistema Hidráulico Preventivo. Dimensionamento. *Building Information Modeling* (BIM). Quantitativo de materiais.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Machado, Manuella Bastos

APLICAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO DE INCÊNDIO PARA UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR VERTICAL DE USO MISTO, LOCALIZADA NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS/SC. / Manuella Bastos Machado; orientação de Ana Paula Pupo Correia. - Florianópolis, SC, 2025.

155 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Sistema Hidráulico Preventivo. 2. Dimensionamento. 3. Building Information Modeling (BIM). 4. Quantitativo de materiais. I. Pupo Correia, Ana Paula. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. APLICAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO DE INCÊNDIO PARA UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR VERTICAL DE USO MISTO,

APLICAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO DE INCÊNDIO PARA UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR VERTICAL DE USO MISTO, LOCALIZADA NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS/SC.

MANUELLA BASTOS MACHADO

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 16 de Dezembro, 2025.

Banca Examinadora:

Ana Paula Pupo Correia, Dra.

Ricardo Clemente de Lima, Me.

Instituto Federal de Santa Catarina

João Vitor Moreira Penido, Esp.

FG Empreendimentos

AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho aos meus pais, que sempre acreditaram em mim, principalmente nos momentos em que eu mais duvidei de mim mesma. Obrigada por todo o apoio emocional, pela força silenciosa e por me ensinarem o que é resiliência e determinação.

Ao meu namorado, com quem compartilho a vida e que esteve presente em cada etapa desta jornada. Agradeço por todo o apoio constante, pela compreensão e pela leveza que trouxe aos dias difíceis.

À toda a minha família, pelo carinho e incentivo contínuo, que sempre me lembraram que eu nunca caminhava sozinha.

À minha companheira de quatro patas, que me acompanhou com lealdade e trouxe conforto e alegria em todos os momentos.

Aos meus amigos da faculdade, por viverem ao meu lado cada processo, desafios e conquistas, e por tornarem essa trajetória mais leve, divertida e possível.

À minha orientadora, por ser rigorosa quando necessário, acolhedora quando foi preciso e essencial para que este trabalho alcançasse maturidade e qualidade.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade e pelas contribuições que enriqueceram este estudo.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina, pela formação que recebi, pelo compromisso com o ensino público de qualidade e pelos professores e estrutura que tornaram minha trajetória acadêmica possível.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista 3D da Edificação	13
Figura 2 - Diagrama de Estrutura do Trabalho	16
Figura 3 - Acondicionamento da mangueira de lance único do SHP	21
Figura 4 - Pictograma indicativo de mangueira	22
Figura 5 - Componentes básicos da válvula para hidrante	22
Figura 6 - Representação da cota da tomada d'água.....	23
Figura 7 - Mapa Geral Município de Florianópolis.....	25
Figura 8 - Macrozoneamento de Florianópolis	26
Figura 9 - Níveis LOD.....	28
Figura 10 - Exemplo de família parametrizada.....	31
Figura 11 - Métodos aplicados ao trabalho	32
Figura 12 - Corte esquemático da edificação.....	33
Figura 13 – Planta baixa do pavimento tipo (Torre A).....	34
Figura 14 - Planta baixa pavimento tipo (Torre B).....	34
Figura 15 - Fluxograma para dimensionamento do SHP	38
Figura 16 - Tabela de Comprimentos Equivalentes	42
Figura 17 - Tabela dos coeficientes de singularidade	44
Figura 18 - Curva de desempenho motor-bomba.....	50
Figura 19 - Tabela técnica motor-bomba	51
Figura 20 - Volume mínimo da RTI	55
Figura 21 - Exemplo de levantamento de material	57
Figura 22 - Ponto de Tomada D'água	61
Figura 23 - Fluxograma para Dimensionamento do SHP	63
Figura 24 - Desnível no Trecho Rs-A.....	64
Figura 25 - Altura Manométrica Bomba de Reforço	65
Figura 26 - Posicionamento do Abrigo de Hidrante no Pavimento Tipo	68
Figura 27 - Posição Hidrante de Recalque Torre A.....	69
Figura 28 - Posição Hidrante de Recalque Torre B.....	69
Figura 29 - Hidrantes com Sistema de Bombeamento.....	70
Figura 30 - Reserva Técnica de Incêndio.....	71
Figura 31 - Abrigo de Hidrante Parametrizado	72
Figura 32 - Tabela de Quantidades SHP	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Níveis de desenvolvimento	29
Quadro 2 - Classificação das ocupações	35
Quadro 3 - Cargas de incêndio específicas por ocupação	36
Quadro 4 - Fator de Vazão do Esguicho	39
Quadro 5 - Resumo do Dimensionamento (Torre A).....	66
Quadro 6 - Resumo do Dimensionamento (Torre B).....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBMSC	Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
<i>BIM</i>	<i>Building Information Modeling</i>
IN	Instrução Normativa
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
<i>LOD</i>	<i>Level of Development</i>
PPCI	Projeto Preventivo Contra Incêndio
RTI	Reserva Técnica de Incêndio
SHP	Sistema Hidráulico Preventivo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa	14
1.2	Definição do Problema	14
1.3	Objetivo Geral	15
1.4	Objetivos Específicos	15
1.5	Estrutura do trabalho	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Projeto Preventivo Contra Incêndio (PPCI)	17
2.1.1	Normas Técnicas aplicáveis ao Sistema Hidráulico Preventivo (SHP)	18
2.1.2	Sistema Hidráulico Preventivo (SHP).....	19
2.2	Plano Diretor	23
2.3	Aplicação do BIM em Projetos Preventivos de Incêndio	27
2.3.1	<i>Level of Development (LOD) e Quantitativo de Materiais</i>	28
2.3.2	Quantitativo de Materiais.....	29
3	MÉTODO	32
3.1	Edificação estudada	32
3.2	Dimensionamento do SHP	36
3.2.1	Roteiro do Dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo	38
3.2.1.1	<i>Determinação da vazão e da pressão mínimas no hidrante mais desfavorável (H1)</i>	39
3.2.1.2	<i>Determinação do diâmetro do ramal de alimentação do hidrante mais desfavorável (H1)</i>	40
3.2.1.3	<i>Determinação da perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável (H1)</i>	40
3.2.1.3.1	<i>Perda de carga no segmento de canalização</i>	41
3.2.1.3.2	<i>Perda de carga na válvula angular</i>	43
3.2.1.3.3	<i>Perda de carga na mangueira de hidrante</i>	45
3.2.1.3.4	<i>Perda de carga no esguicho</i>	45
3.2.1.4	<i>Determinação da pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio (Ponto A)</i>	46
3.2.1.5	<i>Determinação do coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio</i>	46
3.2.1.6	<i>Determinação da pressão no Ponto B</i>	47
3.2.1.7	<i>Determinação da vazão no hidrante H2</i>	48
3.2.1.8	<i>Determinação da perda de carga no trecho Rs-A</i>	48
3.2.1.9	<i>Determinação da altura mínima do reservatório superior</i>	49
3.2.1.9.1	<i>Determinação da altura manométrica total e seleção da bomba de reforço</i>	50
3.2.1.10	<i>Determinação da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis</i>	51
3.2.1.10.1	<i>Cálculo da vazão no hidrante Hx</i>	52
3.2.1.10.2	<i>Cálculo da vazão no hidrante HY</i>	53
3.2.1.11	<i>Verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio</i>	54
3.2.1.12	<i>Volume da reserva técnica de incêndio (RTI)</i>	54
3.3	Projeto SHP	55
3.4	Memorial descritivo e quantitativo de materiais	56

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.1	Memorial descritivo e planilha eletrônica de dimensionamento	58
4.1.1	Planilha eletrônica de cálculo.....	59
4.1.2	Estrutura do memorial.....	59
4.1.3	Caracterização da edificação e condicionantes do projeto	60
4.1.4	Enquadramento normativo e fundamentação técnica	60
4.1.5	Componentes do sistema hidráulico preventivo.....	61
4.1.6	Estrutura metodológica do dimensionamento	62
4.1.7	Análise e interpretação dos resultados do memorial.....	63
4.2	Projeto do sistema hidráulico preventivo	67
4.2.1	Aplicação do SHP para a edificação estudada	67
4.3	Quantitativo de materiais	72
4.3.1	Análise dos resultados extraídos	73
5	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
	APÊNDICE A	82
	APÊNDICE B	143
	APÊNDICE C	154

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) por hidrantes se refere a um sistema de combate ao incêndio com funcionamento sob demanda por acionamento manual que libera água sobre o foco de incêndio com vazão compatível ao risco do local tendo o objetivo de protegê-lo, de forma a extinguir ou controlar o risco em seu estágio inicial (OLIVEIRA; GONÇALVES; GUIMARÃES, 2008).

Para o dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo, em Santa Catarina, devem ser seguidas as diretrizes dispostas na IN 7 que tem por objetivo estabelecer e padronizar critérios de concepção e dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) nos processos analisados e fiscalizados pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC, 2024e).

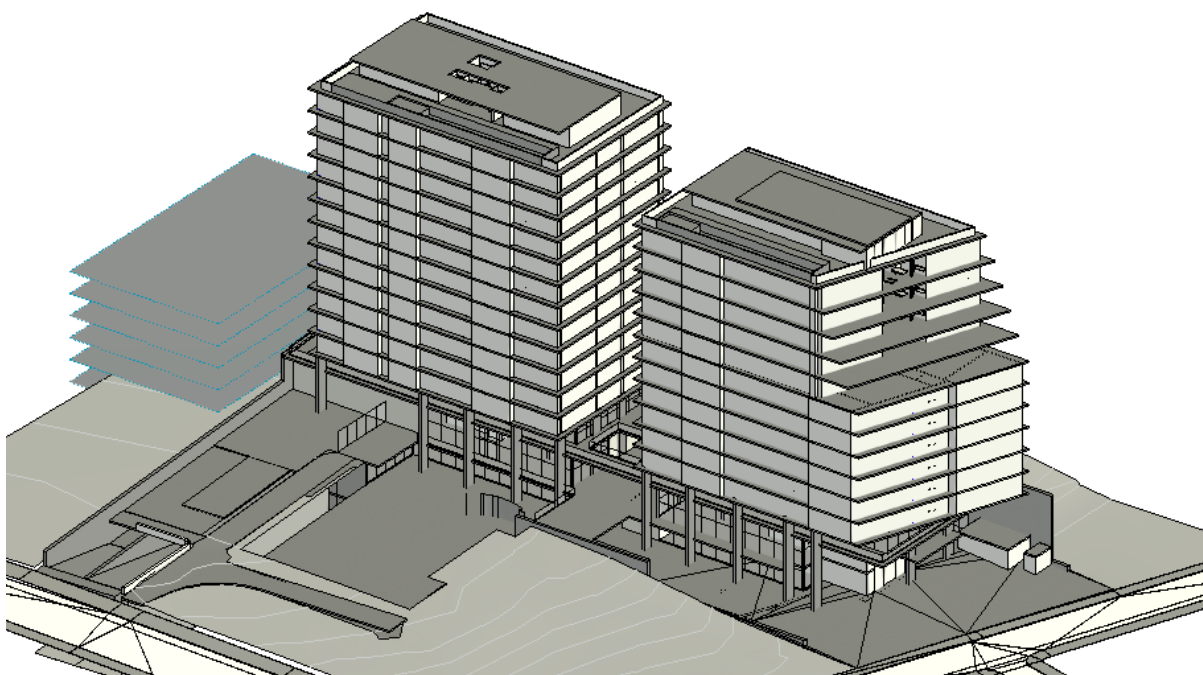
Nesse aspecto, é importante observar que houve uma mudança na IN 7 na publicação de 2024 se comparada à versão de 2022 onde tornou-se facultativa a instalação de mangotinhos em edificações com carga de incêndio de até 1.200 MJ/m² e estabeleceu-se a obrigatoriedade do uso de hidrantes para edificações com carga de incêndio superior à supracitada. (CBMSC, 2024e).

De modo geral, em relação ao Projeto Preventivo de Incêndio, cabe mencionar que não se restringe apenas ao Sistema Hidráulico Preventivo, mas sim a um conjunto de sistemas que incluem: extintores de incêndio, Sistema Hidráulico Preventivo ou Sistema Hidráulico Preventivo por mangotinhos, instalações de gás combustível, sistemas de saídas de emergência, sistema de iluminação de emergência, sistema de detecção e alarme de incêndio e sinalização para abandono de local (CBMSC, 2024). Entretanto, para fins acadêmicos, o foco deste trabalho é no Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) que constitui parte fundamental do Projeto Preventivo de Incêndio.

Para a demonstração da aplicação do Sistema Hidráulico Preventivo, foi utilizada uma edificação verticalizada, na qual foi dimensionado o sistema e desenvolvido o projeto. O projeto arquitetônico desta edificação está em fase de estudo preliminar, modelado por meio da metodologia BIM no *software* Revit e foi fornecido pela construtora em formato de projeto (RVT).

Essa edificação é um empreendimento multifamiliar vertical de uso misto, com área construída de 43.347,81 m² divididos em 20 pavimentos (Figura 1), que se dividem em: 04 subsolos, 01 pavimento térreo, 01 pavimento mezanino, 01 pavimento comercial, 12 pavimentos tipo e 01 pavimento de cobertura onde se encontra a área de lazer.

Figura 1 - Vista 3D da Edificação



Fonte: Adaptado do acervo da construtora (2023).

A edificação está localizada no município de Florianópolis, Santa Catarina, logo, deverá atender às diretrizes estabelecidas nas instruções normativas (IN) elaboradas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC, 2024).

Por estar localizada na região central do município, caracteriza-se como uma edificação de uso misto, ou seja, tem-se pavimentos destinados ao uso para comércio em conjunto com pavimentos que são destinados ao uso residencial (CMF, 2023).

O projeto do Sistema Hidráulico Preventivo foi desenvolvido por meio da metodologia BIM, pois permite a consolidação de um projeto mais eficiente e com maior qualidade. Além disso, existem benefícios ao se trabalhar com essa

metodologia que tangem a compatibilização de projetos e podem resultar numa redução de custos com retrabalhos em obra (CRISPIM; CRISPIM; CIRINO, 2020).

1.1 Justificativa

Com a verticalização das cidades, houve uma atualização do plano diretor do município de Florianópolis em 2023 (CMF, 2023), que possibilitou a construção de edificações mais altas no município, incluindo a região onde pretende-se construir a edificação que será estudada neste trabalho. Aliado a isso, em abril de 2024, houve uma atualização das instruções normativas elaboradas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, que impactaram diretamente no dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo, em especial para essa edificação pois, como será visto nos capítulos que seguirão, a edificação possui uma carga de incêndio inferior a 1.200 MJ/m^2 e, assim, torna-se obrigatória a aplicação do Sistema Hidráulico Preventivo por hidrantes.

Para viabilizar os projetos de edificações verticalizadas, é fundamental que a elaboração do projeto preventivo contra incêndios (PPCI) respeite a norma vigente e, conseqüentemente, que seja aprovado pelo órgão. Tal afirmação vai além da aprovação do projeto em si, mas garante a usabilidade da edificação com segurança para aqueles que nela habitarão.

Além disso, houve uma motivação oriunda da experiência profissional adquirida pela autora estagiando e trabalhando na área de projetos ao longo dos anos na graduação de engenharia civil, onde pode observar, na prática, a importância do projeto hidráulico preventivo nas edificações e o impacto direto dessa disciplina no desenvolvimento do projeto.

1.2 Definição do Problema

O dimensionamento de um sistema preventivo de incêndio adequado às normas e que siga todas as diretrizes propostas pelo órgão competente, em questão o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, levanta o seguinte questionamento: Como desenvolver de maneira eficiente o dimensionamento de um Sistema

Hidráulico Preventivo para uma edificação residencial multifamiliar vertical de uso misto em Florianópolis, considerando a aplicação da metodologia BIM?

1.3 Objetivo Geral

Propor o desenvolvimento do projeto do Sistema Hidráulico Preventivo para uma edificação residencial multifamiliar vertical de uso misto localizada no município de Florianópolis, Santa Catarina.

1.4 Objetivos Específicos

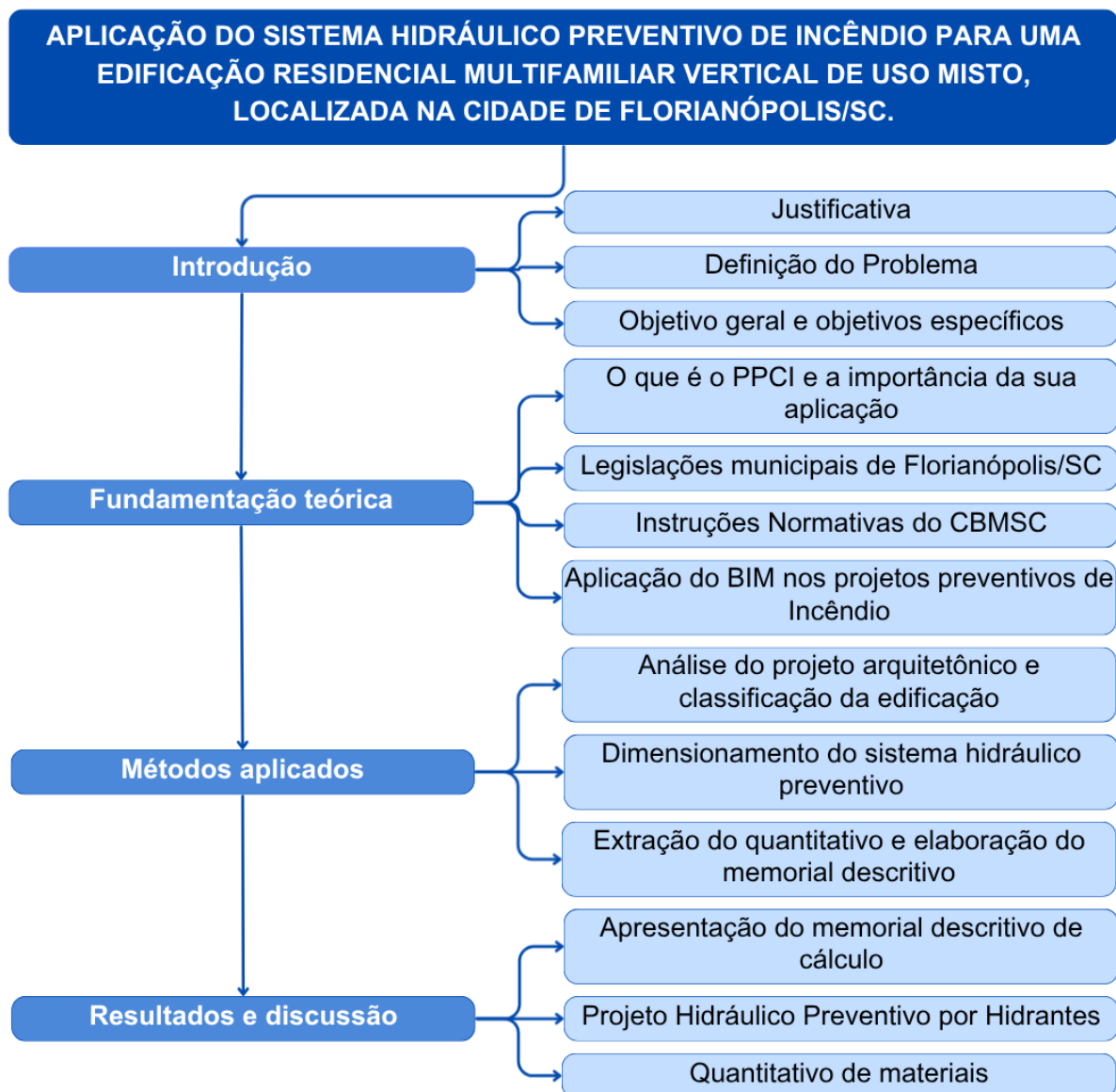
Para atingir o objetivo geral do projeto, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- a) Dimensionar o Sistema Hidráulico Preventivo de uma edificação residencial vertical de uso misto;
- b) Elaborar o projeto hidráulico preventivo de uma edificação residencial multifamiliar vertical de uso misto utilizando a metodologia BIM;
- c) Apresentar o memorial descritivo de cálculo e quantitativo de materiais.

1.5 Estrutura do trabalho

Para o desenvolvimento do trabalho apresentado, foi utilizada a estrutura disposta no diagrama demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Diagrama de Estrutura do Trabalho



Fonte: Elaboração Própria (2025).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico, serão explicitadas as referências bibliográficas, autores e trabalhos que serviram para fundamentar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) que foi desenvolvido. Para isso, serão abordados os assuntos relevantes ao Sistema Hidráulico Preventivo (SHP), iniciando em uma seção abordando as características principais do Projeto Preventivo Contra Incêndio (PPCI), normas técnicas aplicáveis e, por fim, os componentes necessários para o SHP.

Serão abordados também seções que explicam sobre: como o plano diretor do município de Florianópolis influencia no dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo, sobre o uso do BIM para o desenvolvimento dos PPCI e, por fim, como pode ser feita a extração de quantitativos de materiais por meio do modelo BIM.

2.1 Projeto Preventivo Contra Incêndio (PPCI)

O projeto preventivo contra incêndio possui como objetivo evitar a perda de vidas e de bens, atuando por meio de normas e leis elaboradas pelo poder público, tendo por objetivo proteger as pessoas, evitando que elas venham a se ferir ou morrer. Para isso, Negrisolo (2019) afirma, em sua publicação intitulada Fundamentos de Segurança Contra Incêndio em Edificações, que é necessário que as edificações priorizem a segurança das estruturas, sistemas de alerta e circulações e saídas, permitindo com que as pessoas possam se afastar do perigo.

Além disso, o projeto preventivo contra incêndio também deve atender às diretrizes especificadas pelo órgão competente do estado onde a edificação será construída, no caso da edificação em questão, o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Tal órgão “tem por objetivo estabelecer e padronizar os procedimentos e requisitos mínimos de segurança contra incêndio, pânico e desastres (SCI) para os imóveis fiscalizados pelo mesmo” (CBMSC, 2024a, p.1).

No caso das edificações de uso misto, que combinam usos residenciais e comerciais, é necessário a adoção de medidas de segurança mais rigorosas aplicáveis a cada tipo de ocupação e direcionadas individualmente para seus

respectivos usos e alturas. Dessa maneira, pode-se garantir que todas as áreas da edificação estejam protegidas de maneira adequada, considerando suas especificidades e riscos associados (CBMSP, 2021).

Aliado a um dimensionamento adequado do sistema, é importante que sejam observados os requisitos de desempenho para edificações, que incluem critérios para dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural. As superfícies externas das fachadas devem ser classificadas quanto à reação ao fogo e os sistemas ou elementos de vedação vertical devem atender à ABNT NBR 14432:2001, que trata sobre as exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações, garantindo resistência ao fogo mínima estabelecida pela norma. Esses requisitos visam assegurar que, a estrutura da edificação mantenha sua integridade por tempo suficiente para permitir a evacuação segura dos ocupantes (ABNT, 2001).

Além disso, cabe mencionar que o Projeto Preventivo Contra Incêndio inclui uma série de sistemas que juntos promovem a Segurança Contra Incêndio à uma edificação, um dos componentes desse projeto é o Sistema Hidráulico Preventivo que pode ser por mangotinhos ou por mangueiras (CBMSC, 2024e). Sendo assim, para agregar ao tema dos projetos preventivos de incêndio, o foco desse trabalho será no Sistema Hidráulico Preventivo por mangueiras (SHP) e serão aprofundados nesse tópico os temas pertinentes para fundamentar esse sistema e para que se tenha subsídio para o desenvolvimento do trabalho.

2.1.1 Normas Técnicas aplicáveis ao Sistema Hidráulico Preventivo (SHP)

A Instrução Normativa 07 estabelece os critérios para a concepção e dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) no estado de Santa Catarina. Conforme a norma, o SHP é constituído por uma rede de tubulações que conduz água de uma Reserva Técnica de Incêndio (RTI), por meio da gravidade ou pela interposição de bombas, permitindo o combate ao princípio de incêndio através da abertura de hidrantes para o emprego de mangueiras, esguichos e/ou o uso de mangotinhos (CBMSC, 2024e).

Além da Instrução Normativa 07 (CBMSC, 2024e), o SHP deve atender, também às diretrizes das seguintes Normas Regulamentadoras:

- a) ABNT NBR 16021:2011 - Válvula e acessórios para hidrante — Requisitos e métodos de ensaio;
- b) ABNT NBR 16870:2020 - Abrigos para mangueiras de incêndio e acessórios — Requisitos e métodos de ensaio;
- c) ABNT NBR 13714:2000 - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.

Sendo assim, a elaboração desse trabalho para a edificação apresentada foi embasada nas Normas Regulamentadoras supracitadas em conjunto com a IN 07 do CBMSC (2024e), isso ocorre porque a edificação está situada no município de Florianópolis, Santa Catarina e, portanto, deverá atender aos critérios estabelecidos pela norma vigente no estado.

2.1.2 Sistema Hidráulico Preventivo (SHP)

Os requisitos gerais para a elaboração do Projeto do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) envolvem:

Elaboração de um memorial constando cálculos, dimensionamentos, desenhos, plantas, perspectivas isométricas detalhadas de tubulação, premissas, orientações para instalação, procedimentos de ensaio e recomendações para manutenção. (...) Todos os parâmetros, ábacos, tabelas e outros recursos utilizados no projeto e no dimensionamento devem ser relacionados no memorial (NBR 13714, 2000, p. 4).

Além dos requisitos gerais dispostos na NBR 13714 (2000), que trata dos sistemas de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndio, é importante atentar-se para os componentes do Sistema Hidráulico Preventivo que devem estar contemplados no Projeto Preventivo Contra Incêndio. Esses serão citados e explicados, um a um, no item 2.1.2.1.

2.1.2.1 Componentes do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP)

De acordo com a NBR 13714 (2000), o Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) é composto por uma reserva técnica de incêndio (RTI), bombas de incêndio, rede de tubulação, hidrante, esguichos, válvulas, alarmes e abrigos. Os hidrantes,

por sua vez, são os dispositivos do sistema que permitem a retirada de água para o combate ao incêndio (NBR 13714, 2000, p. 3).

Em relação aos itens que devem compor o projeto, temos a elaboração de um memorial descritivo contendo cálculos hidráulicos, dimensionamento das tubulações, desenhos técnicos detalhados e especificações dos equipamentos utilizados. Além disso, é fundamental que o sistema seja capaz de atender à demanda de vazão e pressão necessárias para o combate eficaz ao incêndio, considerando o uso simultâneo dos pontos de hidrantes mais desfavoráveis, localizados no último pavimento habitado da edificação. Outro ponto importante tratado pela instrução normativa é a exigência de que todos os componentes do sistema sejam certificados e que a instalação seja realizada por profissionais legalmente habilitados (CBMSC, 2024e).

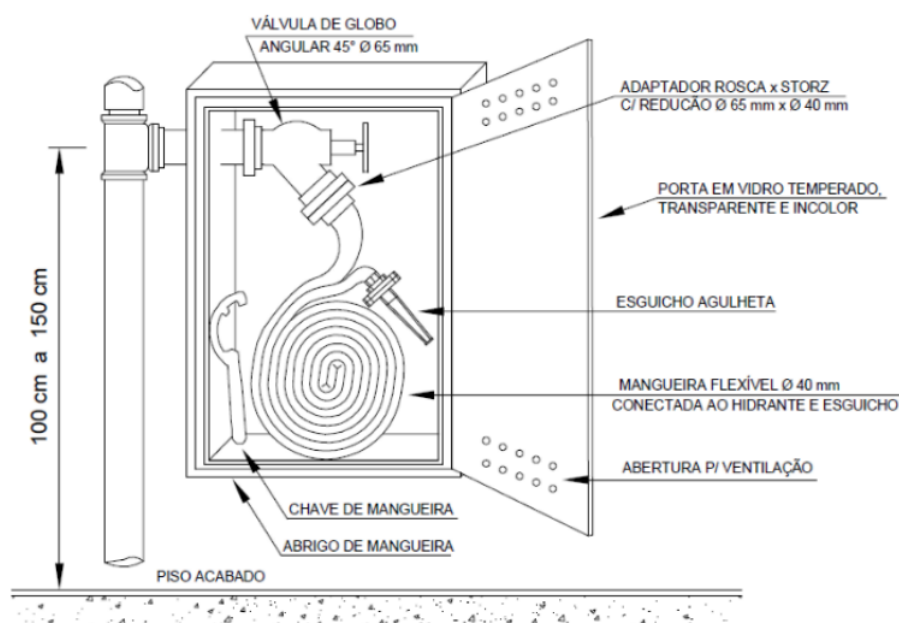
As tubulações do SHP podem ser metálicas, com diâmetro mínimo de 65 mm, ou de cobre com diâmetro mínimo de 50 mm, ou ainda de material termoplástico quando enterradas a uma profundidade mínima de 60 cm quando enterradas fora da projeção da edificação e, nesse caso, deve existir um nicho de dimensões mínimas de 25 x 30 cm nas conexões com tampa metálica na cor vermelha para que seja possível a inspeção das conexões de materiais diferentes. Além disso, as tubulações devem ser fixadas em elementos estruturais por meio de suportes metálicos rígidos (CBMSC, 2024e).

As mangueiras para os hidrantes devem ser acondicionadas dentro dos abrigos em forma de zigue zague ou aduchadas (Figura 3), sendo que devem ser conectadas ao hidrante e ao esguicho quando forem em lance único, e quando compostas por 2 ou mais lances não devem ser conectadas entre si, ou ao hidrante e esguicho. Além disso, as mangueiras devem possuir diâmetro mínimo de 40 mm (CBMSC, 2024e).

Os esguichos do SHP são os dispositivos que lançam a água através das mangueiras e devem ser reguláveis, que possibilitam a emissão de jato compacto ou neblina, ou não-reguláveis que possibilitam apenas a emissão de jato compacto. Sobre esse aspecto, os esguichos instalados devem ser adequados aos valores de pressão disponíveis e vazão de água no ponto do hidrante considerado (CBMSC, 2024e).

O abrigo de mangueiras, de acordo com a IN07 (CBMSC, 2024e) deve acondicionar a chave de mangueira, mangueira e esguicho e o hidrante (Figura 3), devendo respeitar os seguintes critérios: ser fácil de abrir, sem trancas ou cadeados, possuir abertura para ventilação, permitir a rápida retirada das mangueiras e ser de material metálico ou de madeira (devendo ser na cor vermelha) ou de vidro temperado (devendo ser transparente, liso, incolor e sem película).

Figura 3 - Acondicionamento da mangueira de lance único do SHP



Fonte: CBMSC (2024e).

Além disso, os abrigos de hidrante devem ser devidamente sinalizados com a inscrição "INCÊNDIO" e pictograma indicativo, conforme demonstrado na Figura 4 (CBMSC, 2024e).

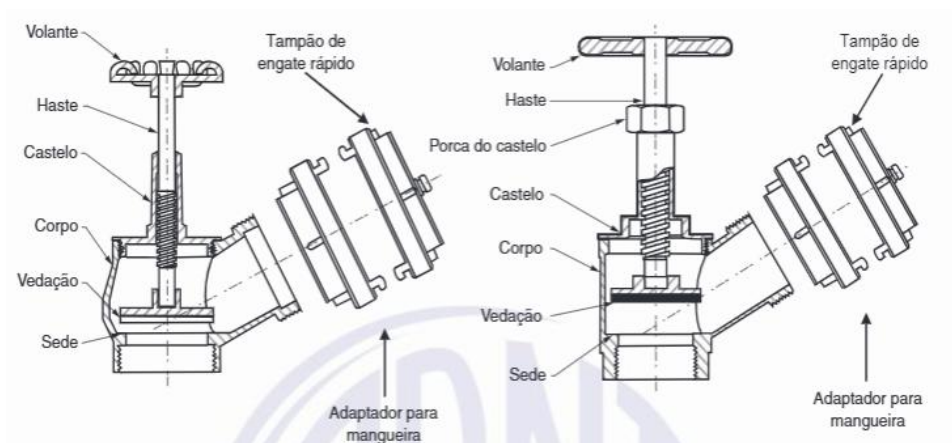
Figura 4 - Pictograma indicativo de mangueira



Fonte: CBMSC (2024e).

As válvulas para os hidrantes devem atender aos requisitos estabelecidos pela NBR 16.021:2011 e, de acordo com a IN07 (CBMSC, 2024e) devem ser de globo angular, com diâmetro mínimo de 65 mm (Figura 5).

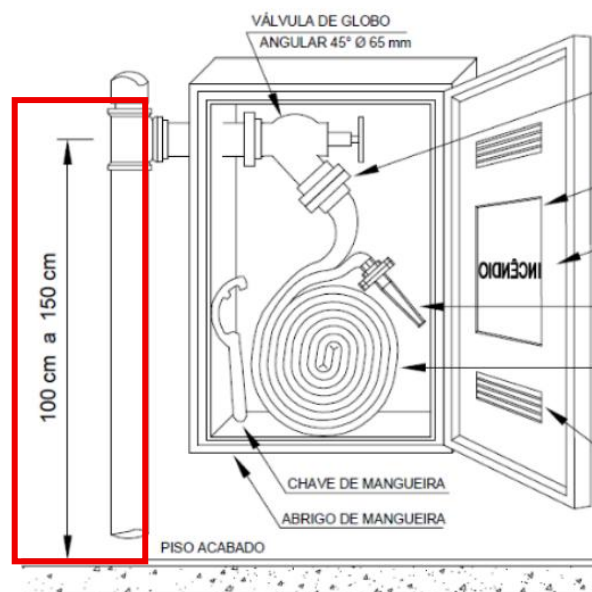
Figura 5 - Componentes básicos da válvula para hidrante



Fonte: NBR 16021 (2011).

Além disso, o centro geométrico da tomada d'água deve ter cota variando de 100 cm a 150 cm, conforme demonstrado na Figura 6 e, ainda, devem apresentar adaptador rosca x storz, com saída de 40 mm (1½"), para imóvel com carga de incêndio com até 2.400 MJ/m² (CBMSC, 2024e).

Figura 6 - Representação da cota da tomada d'água



Fonte: CBMSC (2024e).

Sendo assim, para a aplicação do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) na edificação apresentada, serão considerados os componentes mencionados nesse tópico, que estão especificados na IN 07 do CBMSC (2024e), pois a edificação está localizada na unidade federativa de Santa Catarina e deverá atender às diretrizes que nela estão presentes.

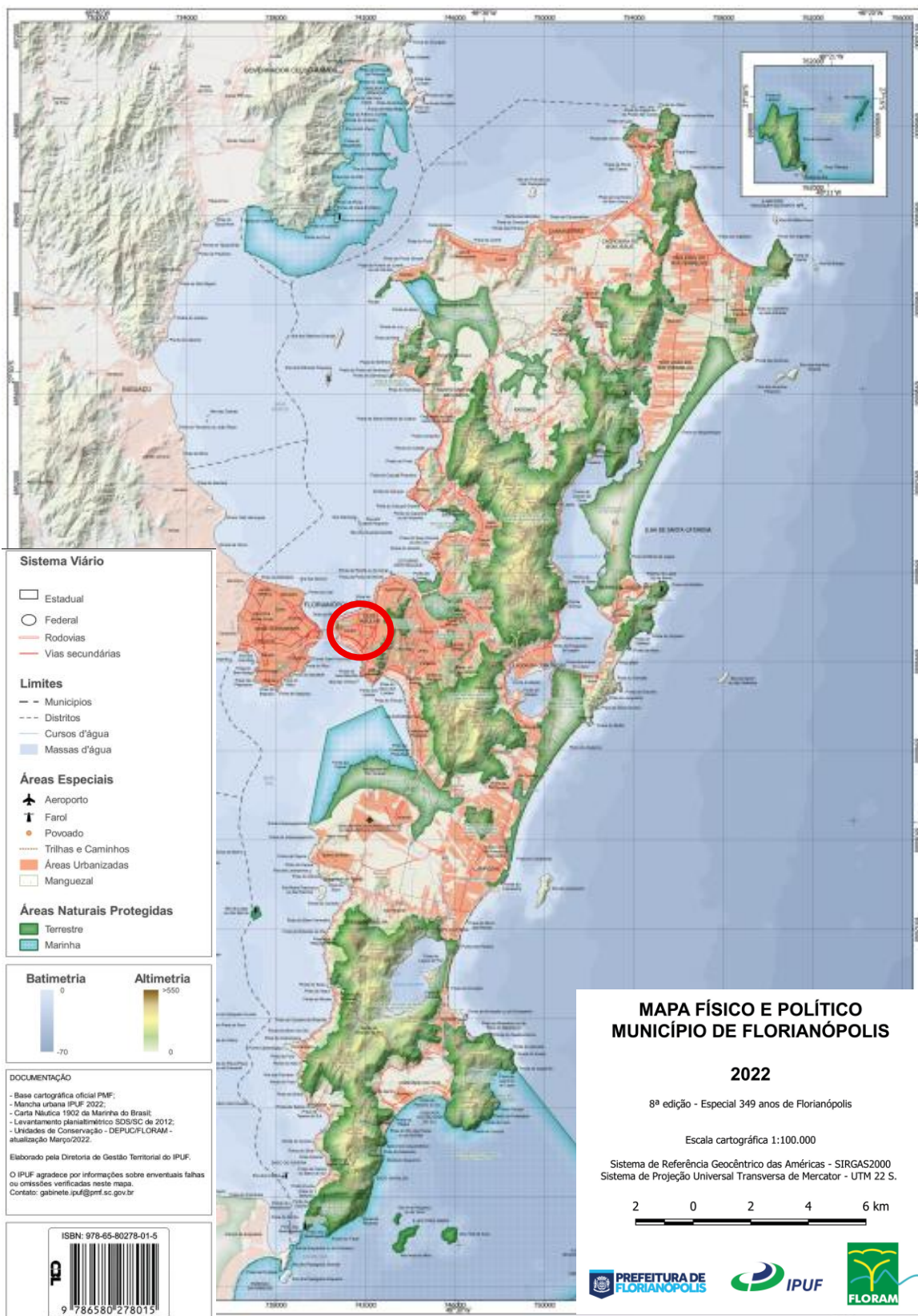
2.2 Plano Diretor

O Plano Diretor de Florianópolis, instituído pela Lei Complementar nº 482 de 17 de janeiro de 2014 e revisado pela Lei Complementar nº 739 de 04 de maio de 2023, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana do município. Ele visa organizar a ocupação do território de forma a proporcionar qualidade de vida à população, garantindo o desenvolvimento sustentável e a proteção do meio ambiente e do patrimônio cultural (IPUF, 2023).

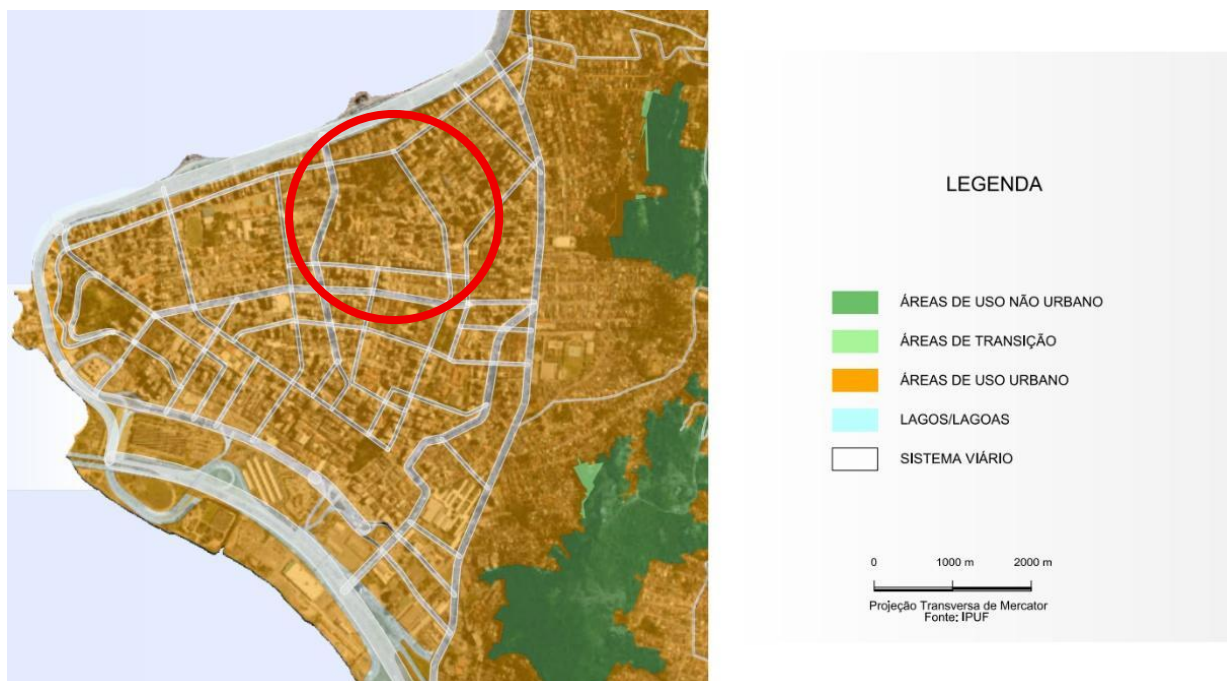
As diretrizes do Plano Diretor influenciam o dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP), pois trazem diretrizes para o uso e ocupação do solo, incluindo o macrozoneamento urbano, parâmetros urbanísticos, áreas de especial interesse e critérios para parcelamento e edificação.

Essas diretrizes influenciam diretamente o planejamento e a execução de projetos de edificações, determinando, por exemplo, a densidade populacional permitida, o tipo de uso (residencial, comercial, misto) e as áreas destinadas a equipamentos urbanos e comunitários (IPUF, 2023). A edificação estudada está localizada no bairro centro de Florianópolis, conforme pode ser visualizado na Figura 7. Além disso, vale comentar também que a região onde está localizada a edificação se trata de uma região destinada à áreas de uso urbano, ou seja, nessa área são permitidas construções de edificações ou de infraestrutura urbana, conforme pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 7 - Mapa Geral Município de Florianópolis



Fonte: Adaptado de PMF (2022).

Figura 8 - Macrozoneamento de Florianópolis

Fonte: Adaptado de CMF (2014).

Além disso, o Código de Obras de Florianópolis, instituído pela Lei Complementar nº 60 de 11 de maio de 2000, estabelece regras específicas para a execução de obras e edificações no município, incluindo requisitos para instalações de proteção contra incêndio. Essas regras complementam as diretrizes do Plano Diretor, garantindo que os projetos atendam aos padrões de segurança e eficiência exigidos (CMF, 2000).

A integração entre essas legislações é fundamental para assegurar que os projetos de edificações não apenas atendam às necessidades urbanísticas, mas também garantam a proteção dos ocupantes e do patrimônio. Por esse motivo, o dimensionamento do SHP da edificação estudada irá considerar as características da edificação estabelecidas pelo Plano Diretor e pelo Código de Obras, como altura, uso e ocupação, para determinar as especificações técnicas adequadas, além das diretrizes dispostas nas instruções normativas elaboradas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

2.3 Aplicação do BIM em Projetos Preventivos de Incêndio

O *Building Information Modeling* (BIM) é uma metodologia na indústria da construção que permite projetar e coordenar projetos de maneira virtual durante todo o ciclo de vida da construção. Nesse sentido, Ullah, Lill e Witt (2019) publicaram um artigo a respeito de um panorama geral da adoção do BIM na indústria da construção e afirmaram que essa abordagem permite a elaboração de um projeto com maior eficácia e precisão, permitindo uma colaboração mais eficaz entre os profissionais envolvidos nos projetos de engenharia e arquitetura, resultando em economia de recursos.

Aliado a isso, a aplicação do BIM em projetos de prevenção e combate a incêndios oferece diversas vantagens, tendo como exemplo a redução de erros durante as fases de projeto e execução. Isso se dá pois o BIM é uma metodologia que permite testar diversos cenários na fase do projeto e detectar conflitos entre as disciplinas envolvidas no projeto e, dessa maneira, pode-se optar pelo cenário mais favorável, tornando a tomada de decisão mais assertiva (ABDI, 2017).

Em relação ao meio de desenvolvimento do projeto, sabe-se que há no mercado uma variedade de *softwares* para se projetar na metodologia BIM, como por exemplo o Revit, que é um *software* desenvolvido pela Autodesk e que permite a criação de modelos detalhados, estruturados e inteligentes, com informações armazenadas nele. De acordo com a Autodesk, 2025, essa é uma das principais vantagens do BIM em comparação aos *softwares* CAD por permitir o acesso aos dados em diferentes representações (AUTODESK, 2025).

Dessa maneira, o desenvolvimento deste trabalho foi realizado por meio da metodologia BIM pela sua capacidade de agregar precisão, eficiência e confiabilidade ao projeto de sistemas hidráulicos de prevenção a incêndio. Além disso, o modelo BIM centraliza as informações, permitindo a extração automatizada e precisa de quantitativos de materiais e, também, a verificação de interferências (*clash detection*) com as demais disciplinas, de acordo com Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2017). A utilização do BIM, portanto, não é apenas uma escolha tecnológica, mas uma estratégia para assegurar a conformidade normativa e a integração sistêmica do projeto de segurança contra incêndio.

2.3.1 Level of Development (LOD) e Quantitativo de Materiais

Em relação ao uso do BIM no projeto do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP), é fundamental que seja definido o nível de desenvolvimento do projeto ou *Level of Development* (LOD) que, de acordo com uma publicação do BIMForum, se refere aos níveis de desenvolvimento que definem e ilustram características de elementos de modelos de diferentes sistemas construtivos, permitindo que seja definido o nível de confiabilidade do modelo, o que traz clareza para o usuário sobre a usabilidade e limitação do modelo que está sendo analisado (BIMFORUM, 2024).

Aliado a isso, é importante mencionar a diferença entre nível de detalhe, que se resume à quantidade de detalhe incluída na modelagem dos elementos, enquanto o nível de desenvolvimento do projeto se refere ao grau em que a geometria de um elemento foi pensada, ou seja, o grau em que os envolvidos no projeto podem confiar nas informações carregadas pelo elemento (BIMFORUM, 2024).

Nesse sentido, os níveis de desenvolvimento do projeto podem ser classificados em 6 definições, que contemplam: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400 e LOD 450 ou LOD 500, conforme demonstrado na Figura 9 (WORLD OF BIM, 2020).

Figura 9 - Níveis LOD



Fonte: World of BIM (2020).

Esses níveis de desenvolvimento se diferem entre si pelo nível de detalhamento do projeto contemplado por cada um, esses níveis são definidos antes do início do desenvolvimento do projeto nos *softwares* BIM e suas distinções estão demonstradas conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Níveis de desenvolvimento

Nível de Desenvolvimento (LOD)	Representação
LOD 100	Representação gráfica por símbolos ou elementos genéricos; Normalmente utilizado para definir o conceito do projeto.
LOD 200	Representação por sistemas genéricos; Tamanhos, formas, quantidades e orientações aproximadas; Normalmente utilizado para analisar a relação espacial entre os elementos.
LOD 300	Tamanhos, formas, quantidades e orientações específicas; Normalmente utilizado para elaboração de documentos e compatibilização com diferentes disciplinas.
LOD 350	Tamanhos, formas, quantidades, orientações e interfaces específicas; Normalmente utilizado para gerar detalhes construtivos.
LOD 450	Tamanhos, formas, quantidades, orientações com informações detalhadas sobre fabricação, montagem e instalação; Normalmente utilizado para fins de fabricação e montagem dos elementos.
LOD 500	As representações de tamanho, forma, localização, quantidades e orientações são verificadas em campo; Normalmente utilizado na fase de As Built.

Fonte: Adaptado de AUTODESK (2025).

Tendo em vista que um dos objetivos específicos dessa pesquisa é a extração de um quantitativo de materiais, o projeto do Sistema Hidráulico Preventivo foi desenvolvido em LOD 300 pois, dessa maneira, será possível fazer a representação específica do sistema e, por consequência, extrair as quantidades de materiais específicas do modelo.

2.3.2 Quantitativo de Materiais

Conforme exposto no item 2.3.1, a escolha do nível de desenvolvimento do projeto implica em diferentes níveis onde o modelo pode ser aplicado pois, a partir do LOD 200 já é possível extrair um maior número de informações, como quantidades preliminares de materiais, por exemplo (CBIC, 2016). Além disso, segundo estudos da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2017), um

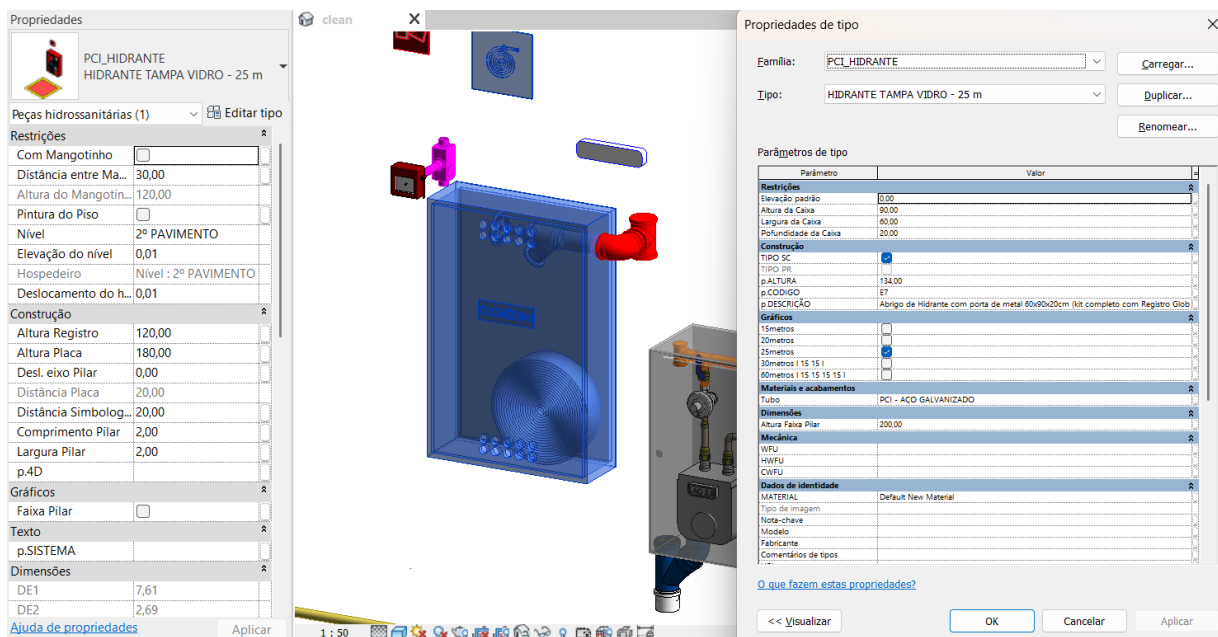
outro benefício atrelado ao uso do BIM no desenvolvimento do PPCI se refere à extração de quantitativos do modelo, pois os *softwares* BIM permitem extrair essas informações que poderão ser posteriormente utilizadas para o orçamento do sistema, estimativa de custo e, também, para o planejamento da obra.

Aliado a isso, segundo publicação da empresa CARLUC (2022), um quantitativo de materiais se refere a um levantamento dos materiais de construção que serão utilizados durante a etapa de execução da obra, sendo eles definidos durante a fase do projeto executivo. Aplicando ao projeto do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP), o quantitativo de materiais deverá conter os seguintes elementos: tubos, conexões, registros, abrigos, válvulas, mangueiras e esguichos.

Nesse sentido, conforme foi afirmado por Eastman (2014) em sua obra intitulada Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção, à medida que o projeto amadurece e considerando o nível de desenvolvimento escolhido para projetar, é possível extrair quantidades mais específicas de componentes, áreas e volumes de espaços, quantidades de materiais que, por sua vez, podem ser utilizados para extrair estimativas de custo.

Essa extração de informações do modelo BIM é possível por meio da parametrização das famílias utilizadas durante o desenvolvimento do projeto. Essa parametrização se dá pela alimentação de informações dos elementos utilizados na modelagem, conforme afirmado na publicação da Thórus Engenharia (2020), e pode ser visualizada conforme a Figura 10.

Figura 10 - Exemplo de família parametrizada



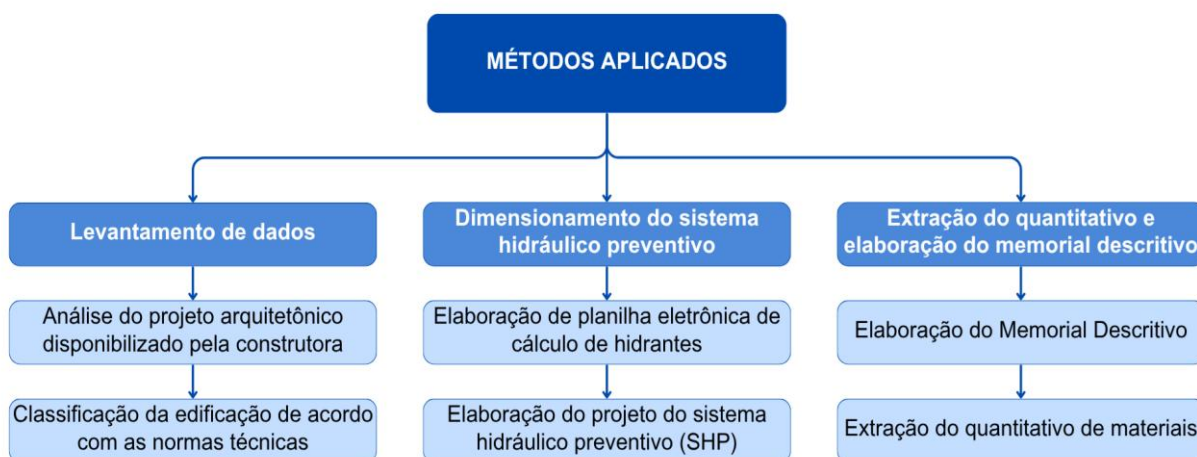
Fonte: Acervo da construtora (2025).

Com base nisso, o quantitativo de materiais pode ser extraído diretamente do *software* onde foi elaborado o projeto, por exemplo ArchiCad ou Revit, ou ainda através de *softwares* de análise de projetos, a exemplo do Solibri ou Navisworks. Os *softwares* nativos permitem extrair quantitativos com maior foco nos insumos da obra, enquanto os *softwares* de análise de projetos possuem foco para configuração de composições e serviços relacionados aos insumos (THÓRUS ENGENHARIA, 2020).

3 MÉTODO

Nesta seção serão demonstrados os métodos que foram utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, que incluem o método de cálculo a ser utilizado no dimensionamento, *software* a ser utilizado e padrões normativos, conforme pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 - Métodos aplicados ao trabalho



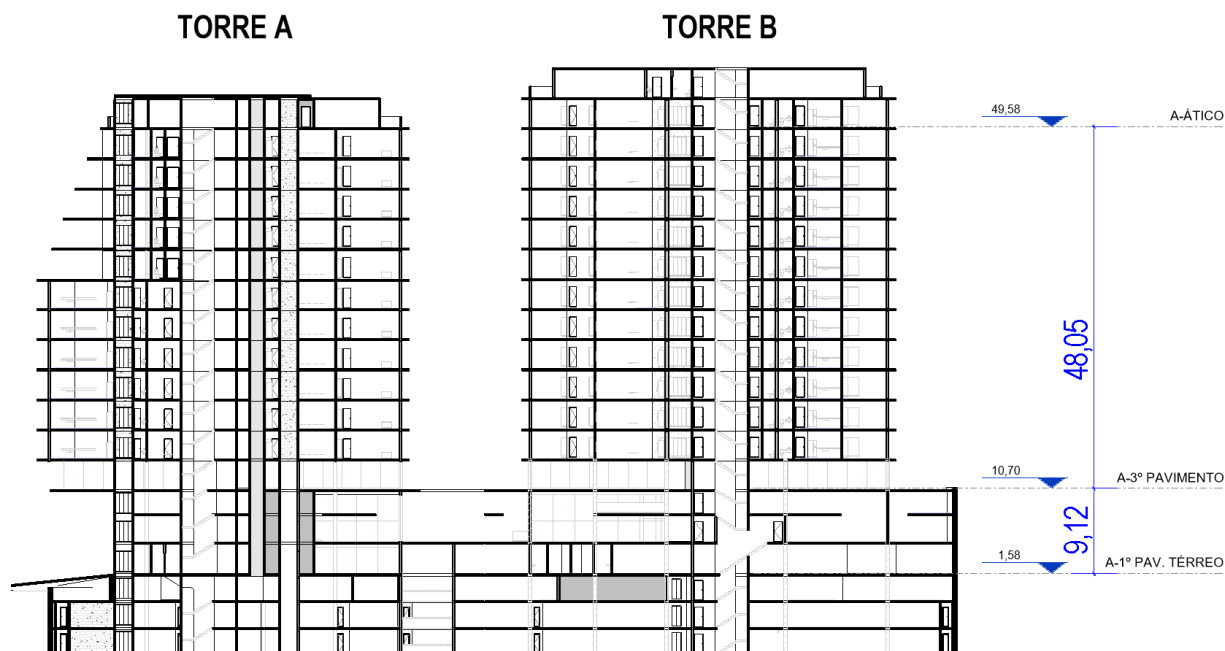
Fonte: Elaboração própria (2025).

3.1 Edificação estudada

A edificação utilizada para demonstrar a aplicação do Sistema Hidráulico Preventivo possui 43.347,81 m² de área construída e está localizada no município de Florianópolis, Santa Catarina. Por esse motivo, está sujeita a atender os critérios estabelecidos pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, além das diretrizes estabelecidas pelas Normas Brasileiras Regulamentadoras que estão apresentadas nesse trabalho.

Essa edificação está organizada em 2 torres, que são divididas em 20 pavimentos, que contemplam: 04 subsolos unificados; 01 pavimento térreo unificado; 01 pavimento mezanino unificado; 01 pavimento comercial unificado; 12 pavimentos tipo; e 01 pavimento de cobertura onde se encontra a área de lazer. A organização dos níveis da edificação está exemplificada de acordo com a Figura 12.

Figura 12 - Corte esquemático da edificação



Fonte: Adaptado do acervo da construtora (2023).

De acordo com a IN01 – Parte 2 (CBMSC, 2024b) a edificação se enquadra em uma altura igual ou superior a 30 m, por possuir 48 m de acordo com o corte esquemático apresentado na Figura 11 e, ainda, área superior a 750 m², pois possui uma área total construída de 43.347,81 m².

Os pavimentos tipo da edificação são compostos por 02 unidades residenciais autônomas, conforme pode-se visualizar nas Figuras 13 e 14. Além disso, de acordo com a IN 01 – Parte 1 de Santa Catarina, o empreendimento está enquadrado como classe de risco III, portanto, o Projeto Preventivo de Incêndio deverá ser submetido à aprovação pelo órgão regulamentador (CBMSC, 2024a).

vertical, e os pavimentos comerciais, que vão do pavimento térreo até o primeiro pavimento, enquadram-se em C-1, comercial com baixa carga de incêndio (Quadro 2). Além disso, a edificação está enquadrada em altura superior a 30m, conforme pode ser visualizado no corte da Figura 12 e área superior a 750m².

Quadro 2 - Classificação das ocupações

Grupo	Ocupação	Divisão	Descrição	Destinação
A	Residencial	A-1	Multifamiliar horizontal e unifamiliar	Condomínios horizontais, casas geminadas/conjugadas e residências unifamiliares mistas
		A-2	Multifamiliar vertical	Edifícios de apartamentos em geral
		A-3	Coletiva	Pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos. Capacidade máxima de 16 leitos
C	Comercial	C-1	Comércio com baixa carga de incêndio	Açougue, artigos de metal ou vidro, bijuterias, louças, artigos hospitalares, eletrodomésticos, açougue, verdureiras, floricultura, automóveis, bebidas fermentadas (vinhos, cervejas) outros
		C-2	Comércio com média, alta ou altíssima carga de incêndio	Edifícios de lojas de departamentos, magazines, armarinhos, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados, bebidas destiladas, brinquedos, calçados, drogarias, artigos em couro, artigos esportivos, livrarias, têxteis, móveis e outros
		C-3	Shopping centers	Centro de compras em geral (shopping centers)

Fonte: Adaptado de CBMSC (2024a).

No que diz respeito ao risco em que a edificação se enquadra, de acordo com a IN 03 do CBMSC (2024c), edificações do tipo A-2 possuem carga de incêndio específica de 300 MJ/m² e, ainda, por se tratar de uma edificação com comércio, edificações do tipo C-1 possuem carga de incêndio específica máxima de 300 MJ/m², conforme pode ser visto no Quadro 3. Portanto, a edificação estudada se enquadra em classificação de risco baixo, pois sua carga de incêndio está entre 100 MJ/m² e 300 MJ/m², ainda de acordo com a IN03.

Quadro 3 - Cargas de incêndio específicas por ocupação

Grupo	Divisão	Destinação	Carga de incêndio específica (MJ/m ²)
A	A-1	Todas	300
	A-2	Todas	300
	A-3	Todas	300
C	C-1	Açougue	40
		Aparelhos eletrodomésticos	300
		Armas	300
		Artigos de bijouteria, metal ou vidro	300
		Automóveis	200
		Bicicletas e triciclos; peças e acessórios	200
		Cal, areia, pedra britada, tijolos e telhas	40
		Ferragens e ferramentas	300
		Floricultura	80
		Galeria de quadros	200
		Hortifrutigranjeiro	200
		Joalheria	300
		Máquinas de costura ou de escritório	300
		Fotográficos e filmagem	300
		Óptica	300
		Suvenires e artesanatos	200
Verduras frescas	200		
Vidros	300		
Vinhos, cervejas e bebidas fermentadas	200		

Fonte: Adaptado de CBMSC (2024c).

Essas definições, junto com as demais diretrizes das Instruções Normativas, foram utilizadas para o dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo da edificação e do memorial de cálculo, apresentados no capítulo 4 desse trabalho, além dos requisitos prescritos na NBR 13714 (2020) em relação aos sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.

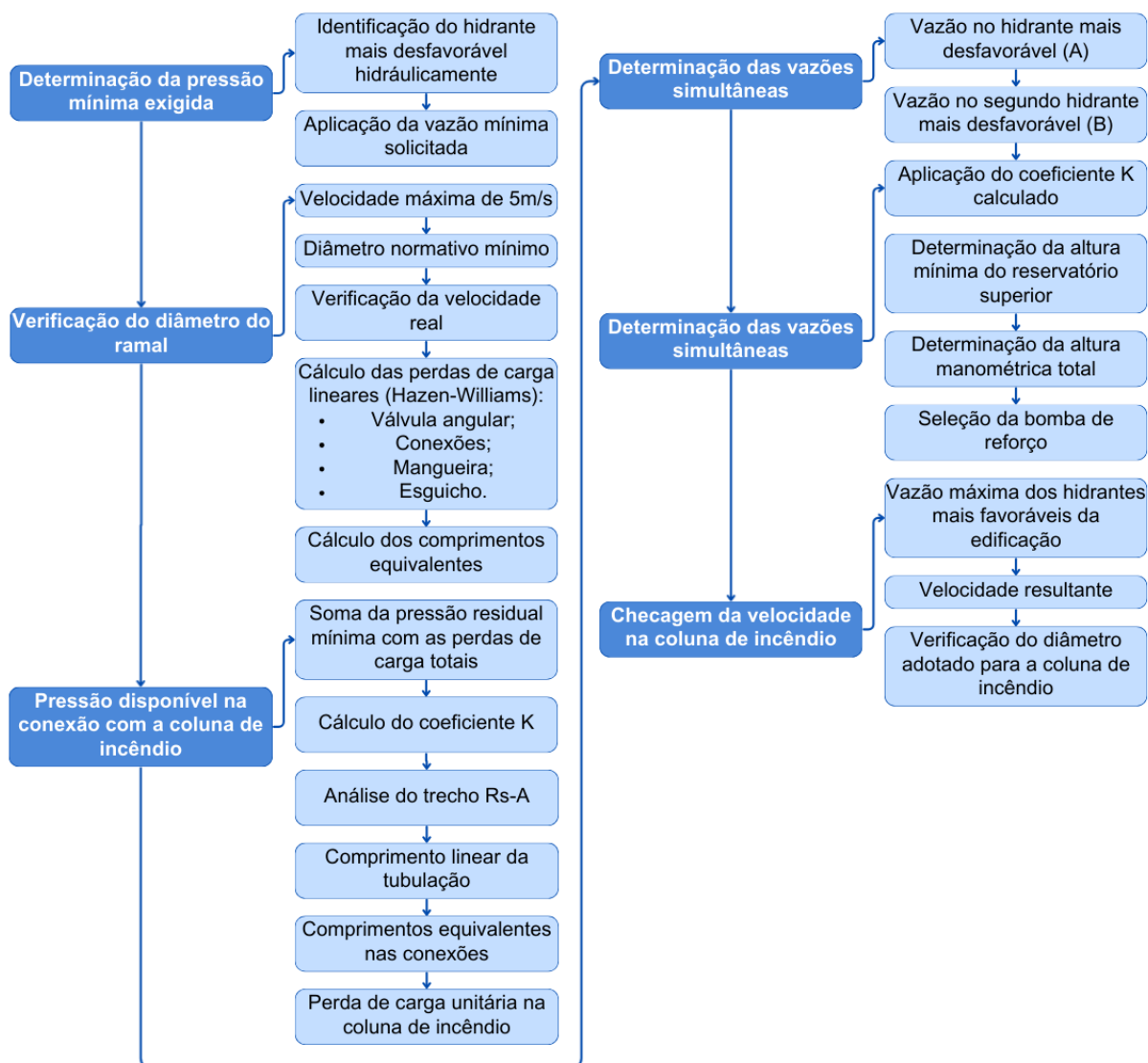
3.2 Dimensionamento do SHP

Neste tópico será detalhado o passo a passo que foi utilizado para o dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo da edificação proposta. Para isso, tomou-se como base o roteiro de dimensionamento proposto por Brentano (2016) em conjunto com as aulas expositivas de Dimensionamento de Projeto Preventivo de Incêndio ministradas ao curso de Engenharia Civil do IFSC Campus

Florianópolis e, ainda, tabelas técnicas de fornecedores para o cálculo da perda de carga nas conexões e para determinação do coeficiente de singularidade.

O dimensionamento do sistema, que pode ser visualizado no fluxograma da Figura 15, seguirá as seguintes etapas: caracterização da ocupação quanto ao seu uso e ocupação, área total construída, altura e classificação de risco; cálculo do Sistema Hidráulico Preventivo, que envolverá o cálculo da pressão e vazão no ponto mais desfavorável, perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável, pressão no ponto de conexão do hidrante mais desfavorável com a coluna de incêndio (Ponto A), determinação do coeficiente de descarga, perda de carga no trecho do reservatório até o Ponto A, altura mínima do reservatório superior, vazão nos hidrantes mais favoráveis, verificação do diâmetro da coluna de incêndio, cálculo do volume da RTI, e suas sub-etapas; lançamento do SHP com a modelagem da RTI, prumadas, hidrantes e hidrantes de recalque; e, por fim, o detalhamento do projeto, elaboração do memorial descritivo de cálculo e extração do quantitativo de materiais.

Figura 15 - Fluxograma para dimensionamento do SHP



Fonte: Elaboração própria (2025).

3.2.1 Roteiro do Dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo

Nesse tópico será apresentado um roteiro de cálculo para o dimensionamento do SHP, seguindo a metodologia de cálculo apresentada por Brentano (2016) no livro “Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações”. Dessa maneira, o primeiro passo para o dimensionamento do SHP deu-se pela determinação da norma que foi adotada para o projeto, no caso desse estudo, se enquadram as Instruções Normativas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Após isso, foi feita a classificação de risco da edificação, conforme apresentado no item 3.1 desse trabalho, e sabendo da escolha do Sistema Hidráulico Preventivo por hidrantes, foi feito o lançamento dos pontos de tomada d'água, desde sua saída do reservatório pois, dessa maneira, foi possível calcular o sistema de acordo com o roteiro que será apresentado.

3.2.1.1 Determinação da vazão e da pressão mínimas no hidrante mais desfavorável (H_1)

Para o cálculo da pressão mínima solicitada no hidrante mais desfavorável, deve-se considerar a vazão mínima determinada pela IN07 do CBMSC (2024d) e o fator de vazão no esguicho mais desfavorável, que varia de acordo com o diâmetro nominal do esguicho conforme demonstrado no Quadro 4.

$$P_{H1} = \frac{Q_{H1}^2}{K^2} \quad (1)$$

Onde:

P_{H1} = Pressão residual ou dinâmica solicitada no hidrante mais desfavorável (mca);

Q_{H1} = Vazão no hidrante mais desfavorável (l/min);

K = Fator de vazão do esguicho (l/min · mca^{-1/2}).

Quadro 4 - Fator de Vazão do Esguicho

Tipo de orifício	Diâmetro nominal		Fator K	
	mm	pol	1/min · mca ^{-1/2}	1/min · kPa ^{-1/2}
Esguichos	13,0	½	32,5	10,3
	16,0	5/8	51,4	16,3
	19,0	¾	73,8	23,4
	22,0	7/8	101,0	32,0
	25,0	1	132,3	41,9
	32,0	1¼	206,4	65,4

Fonte: Adaptado de Brentano (2016).

3.2.1.2 Determinação do diâmetro do ramal de alimentação do hidrante mais desfavorável (H_1)

O diâmetro do ramal de alimentação é determinado pela IN07 do CBMSC (2024d) devendo ter, no mínimo 65mm para tubulações metálicas e podendo ter até 50mm caso a tubulação adotada seja de cobre. A determinação do diâmetro do ramal de alimentação deve respeitar a velocidade máxima de escoamento da água, que não poderá ultrapassar 5m/s e deve ser verificada pela Equação 2.

$$v_{A1} = \frac{Q_{H1}}{A_{A1}} \quad (2)$$

Onde:

v_{A1} = Velocidade de escoamento da água no ramal de alimentação no hidrante H_1 (m/s);

Q_{H1} = Vazão mínima no hidrante mais desfavorável (l/min);

A_{A1} = Área da seção do ramal de alimentação do hidrante H_1 (m²).

3.2.1.3 Determinação da perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável (H_1)

A perda de carga no ramal do (H_1) é igual à perda de carga no segmento de canalização do ramal somada às perdas de carga na válvula angular, na mangueira de hidrante e no esguicho, conforme demonstrado na Equação 3.

$$hp_{A1} = hp_c + hp_v + hp_m + hp_{esg} \quad (3)$$

Onde:

hp_{A1} = Perda de carga no ramal de alimentação no hidrante mais desfavorável (m);

hp_c = Perda de carga no segmento de canalização (m);

hp_v = Perda de carga na válvula angular (m);

hp_m = Perda de carga na mangueira de hidrante (m);

$h_{p_{\text{esg}}} =$ Perda de carga no esguicho (m).

3.2.1.3.1 Perda de carga no segmento de canalização

Para isso, o cálculo da perda de carga no segmento de canalização do ramal é dado pela Equação 4.

$$h_{p_c} = (l_{n_c} + l_{e_c}) \cdot J_c \quad (4)$$

Onde:

h_{p_c} = Perda de carga no segmento de canalização do ramal (m);

l_{n_c} = Somatório dos comprimentos dos segmentos retos de canalização do ramal (m);

l_{e_c} = Somatório dos comprimentos equivalentes das singularidades do ramal (m);

J_c = Perda de carga unitária na canalização do ramal (m/m).

Os valores referentes aos comprimentos equivalentes das singularidades do ramal podem ser consultados na Figura 16.

Figura 16 - Tabela de Comprimentos Equivalentes

Tabela de comprimentos equivalentes em metros de canalização, para cálculo das perdas de carga localizadas.											
CONEXÃO	Diâmetro nominal X Equivalência em metros de canalização										
	Material	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	
Curva 90°	PVC	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9	
	Metal	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1	
Curva 45°	PVC	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	
	Metal	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	
Joelho 90°	PVC	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9	
	Metal	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,2	
Joelho 45°	PVC	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,5	
	Metal	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9	
Tê de passagem direta	PVC	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3	
	Metal	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7	
Tê de saída lateral	PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0	
	Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4	
Tê de saída bilateral	PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0	
	Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4	
União	PVC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25	
	Metal	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	
Saída de canalização	PVC	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,9	
	Metal	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0	
Luva de redução (*)	PVC	0,3	0,2	0,15	0,4	0,7	0,8	0,85	0,95	1,2	
	Aço	0,29	0,16	0,12	0,38	0,64	0,71	0,78	0,9	1,07	
Registro de gaveta ou esfera aberto	PVC	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	
	Metal	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	
Registro de globo aberto	Metal	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	43,0	
Registro de ângulo aberto	Metal	3,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0	21,0	
Válvula de pé com crivo	PVC	9,5	13,3	15,3	18,3	23,7	25,0	26,8	28,8	37,4	
	Metal	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	22,0	23,0	30,0	
Válvula de Retenção	Horizontal	Metal	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	6,4	10,4
	Vertical	Metal	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9	16,1

Fonte: Adaptado de Schneider Motobombas (2021).

O cálculo da perda de carga unitária J_c pode ser calculado por meio da fórmula de Hazen-Williams, que pode ser visualizada na Equação 5.

$$J_c = 10,65 \cdot J_{H1}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot d_c^{-4,87} \quad (5)$$

Onde:

C = Coeficiente de atrito de Hazen-Williams (adimensional);

d_c = Diâmetro interno do segmento de canalização do ramal (m).

3.2.1.3.2 Perda de carga na válvula angular

Para o cálculo da perda de carga na válvula angular, deve-se utilizar a expressão geral da perda de carga localizada, na Equação 6.

$$h_{p_v} = k \cdot \frac{v_v^2}{2g} \quad (6)$$

Onde:

h_{p_v} = Perda de carga na válvula angular (m);

v_v = Velocidade na válvula angular (m/s);

k = Coeficiente próprio da singularidade (adimensional);

g = aceleração da gravidade (9,81 m/s).

O valor de k é determinado de acordo com a tabela representada na Figura 17 e a velocidade na válvula angular é determinada pela Equação 7.

Figura 17 - Tabela dos coeficientes de singularidade

Peça e Perda	K
Ampliação gradual	0,30
Bocais	2,75
Comporta, aberta	2,50
Controlador de vazão	2,50
Cotovelo de 90°	0,90
Cotovelo de 45°	0,40
Crivo	0,75
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Curva de 22 1/2°	0,10
Entrada Normal em Canalização	0,50
Entrada de Borda	1,00
Existência de pequena derivação	0,03
Junção	1,00
Medidor Venturi	2,50
Redução gradual	0,15
Registro de ângulo, aberto	5,00
Registro de gaveta, aberto	0,20
Registro de globo, aberto	10,00
Saída de canalização	1,00
Tê, passagem direta	0,60
Tê, saída de lado	1,80
Tê, saída bilateral	1,80
Válvula de pé	1,75
Válvula de retenção	2,50
Velocidade	1,00

Fonte: Adaptado de Netto (1975).

$$v_v = \frac{Q_{H1}}{A_v}$$

(7)

Onde:

v_v = Velocidade na válvula angular (m/s);

Q_{H1} = Vazão no hidrante H_1 (m³/s);

A_v = Área da seção da válvula angular (m²).

3.2.1.3.3 Perda de carga na mangueira de hidrante

Para o cálculo da perda de carga na mangueira de hidrante, será utilizada a fórmula de Hazen-Williams, da Equação 8.

$$hp_m = 10,65 \cdot Q_{H1}^{1,85} \cdot l_m \cdot C^{-1,85} \cdot d_m^{-1,87} \quad (8)$$

Onde:

hp_m = Perda de carga na mangueira de hidrante (m);

Q_{H1} = Vazão no hidrante H_1 (m³/s);

l_m = Comprimento da mangueira (m);

C = Coeficiente de Hazen-Williams (adimensional);

d_m = Diâmetro interno da mangueira (m).

3.2.1.3.4 Perda de carga no esguicho

Por fim, deve-se calcular a perda de carga no esguicho da mangueira, dada pela expressão geral da perda de carga, exemplificada na Equação 9.

$$hp_{esg} = k \cdot \frac{v_{esg}^2}{2g} \quad (9)$$

Onde:

hp_{esg} = Perda de carga no esguicho (m);

v_v = Velocidade na saída do esguicho (m/s);

k = Coeficiente próprio da singularidade (adimensional);

g = aceleração da gravidade (9,81 m/s).

Para o cálculo da velocidade no esguicho, deve ser utilizada a Equação 10.

$$v_{\text{esg}} = \frac{Q_{H1}}{A_{\text{esg}}} \quad (10)$$

Onde:

v_v = Velocidade na saída do esguicho (m/s);

Q_{H1} = Vazão no esguicho H_1 (m³/s);

A_v = Área da seção da de saída do esguicho (m²).

3.2.1.4 *Determinação da pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio (Ponto A)*

Após os cálculos da perda de carga do hidrante no ramal mais desfavorável, deve-se determinar a pressão na conexão do ramal mais desfavorável (Ponto A) com a coluna de incêndio por meio da Equação 11.

$$P_A = P_{H1} + h_{pA1} \quad (11)$$

Onde:

P_A = Pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio (mca);

P_{H1} = Pressão residual no hidrante mais desfavorável (mca);

h_{pA1} = Perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável (mca).

3.2.1.5 *Determinação do coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio*

Dando sequência, deve-se calcular o coeficiente de descarga no ponto A para que se equalizem as pressões e vazões nas conexões dos ramais dos hidrantes com a coluna de incêndio. O cálculo desse fator se dá aplicando-se a

vazão do hidrante H_1 sob as condições de pressão do ponto A, como mostra a Equação 12.

$$K = \frac{Q_{H1}}{\sqrt{P_A}} \quad (12)$$

Onde:

K = Fator de vazão (l/min.kPa^{-1/2} ou l/min.mca^{-1/2});

Q_{H1} = Vazão do hidrante H_1 (l/min);

P_A = Pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio (mca).

Para os demais ramais de uso simultâneo e que possuam o mesmo diâmetro, considera-se o mesmo valor para o fator K .

3.2.1.6 Determinação da pressão no Ponto B

O cálculo da pressão no segundo hidrante mais desfavorável (Ponto B), demonstrado na Equação 13, deve apresentar resultado suficiente para que haja um funcionamento simultâneo do hidrante H_1 com o hidrante H_2 .

$$P_B = P_A + hg_{AB} - hp_{AB} \quad (13)$$

Onde:

P_B = Pressão no ponto B(m);

P_A = Pressão no ponto A (m);

hg_{AB} = Desnível do trecho AB (m);

hp_{AB} = Perda de carga no trecho AB (m).

Inicialmente para o cálculo da perda de carga no trecho AB, deve-se arbitrar inicialmente uma vazão para o hidrante H₂ de modo que possua um valor até 10% maior do que no hidrante H₁.

3.2.1.7 Determinação da vazão no hidrante H₂

Para o cálculo da vazão no H₂ deve-se utilizar a Equação 14, em que o coeficiente K é o mesmo que foi calculado anteriormente e P_B é a pressão calculada no ponto B.

$$Q_{H2} = K \cdot \sqrt{P_B} \quad (14)$$

3.2.1.8 Determinação da perda de carga no trecho Rs-A

O trecho Rs-A corresponde ao percurso que vai do reservatório superior (RS) até a conexão do ramal do hidrante H₁ com a coluna de incêndio (Ponto A). Como está sendo considerada uma vazão simultânea dos hidrantes H₁ e H₂, a vazão Q_{RS-A} a ser considerada para o cálculo da perda de carga é dada pela Equação 15.

$$Q_{RS-A} = Q_{H1} + Q_{H2} \quad (15)$$

Para o cálculo da perda de carga no trecho Rs-A deve-se calcular a perda de carga unitária J_{RS-A} que pode ser calculada pela fórmula de Hazen-Williams, como mostra a Equação 16. Além disso, o diâmetro a ser utilizado para o cálculo deve ser considerado como o diâmetro comercial imediatamente superior ao do ramal do hidrante mais desfavorável da edificação (H₁).

$$J_{RS-A} = 10,65 \cdot Q_{RS-A}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{RS-A}^{-1,87} \quad (16)$$

Onde:

J_{RS-A} = Perda de carga unitária no trecho Rs-A (m);

Q_{RS-A} = Vazão no trecho Rs-A (m³/s);

C = Coeficiente de Hazen-Williams (adimensional);

d_{RS-A} = Diâmetro interno da mangueira (m).

Por fim, para o cálculo da perda de carga no trecho Rs-A pode-se utilizar a Equação 17.

$$h_{p_{RS-A}} = (I_{n_{RS-A}} + I_{c_{RS-A}}) \cdot J_{RS-A} \quad (17)$$

Onde:

$h_{p_{RS-A}}$ = Perda de carga no trecho Rs-A (m);

$I_{n_{RS-A}}$ = Somatório dos trechos retos de canalização do trecho Rs-A (m);

$I_{c_{RS-A}}$ = Somatório dos comprimentos equivalentes do trecho Rs-A (m).

3.2.1.9 Determinação da altura mínima do reservatório superior

O desnível mínimo ($h_{mín}$) entre o fundo do reservatório superior e o ponto de tomada d'água mais desfavorável (ponto A) para garantir a vazão mínima exigida é dado pela Equação 18.

$$h_{mín} = P_A + h_{p_{RS-A}} \quad (18)$$

Onde:

P_A = Pressão no ponto A (m);

$h_{p_{RS-A}}$ = Perda de carga no trecho Rs-A (m).

Após calculada a altura mínima, deve-se observar se há altura suficiente para garantir a pressão mínima no hidrante mais desfavorável comparando a altura mínima calculada com o desnível existente no projeto arquitetônico ($h_{g_{RS-A}}$). Caso a altura calculada seja menor do que o desnível existente, considera-se que o desnível é suficiente para garantir a pressão e, caso contrário, o desnível é considerado insuficiente para garantir a pressão mínima. Para mitigar a insuficiência da altura, pode-se aumentar a pressão nos hidrantes mais desfavoráveis com a indicação de

bombas de reforço ou, ainda, elevar o reservatório superior (h_{elev}) além do desnível existente, conforme determinado na Equação 19.

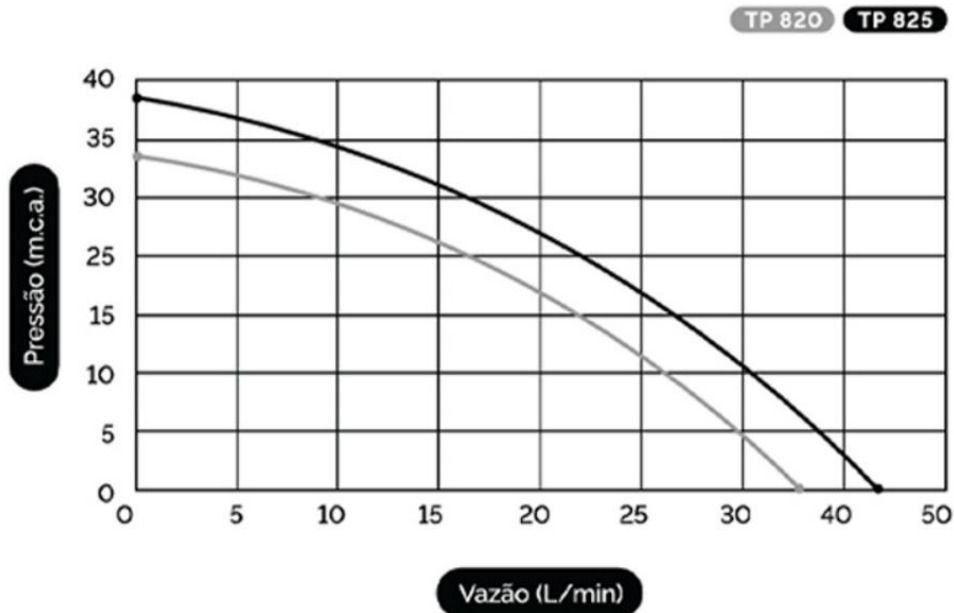
$$h_{\text{elev}} = h_{\text{mín}} - h_{\text{gRS-A}} \quad (19)$$

3.2.1.9.1 Determinação da altura manométrica total e seleção da bomba de reforço

Caso opte-se pela utilização da bomba de reforço em substituição à elevação do reservatório superior além do desnível existente, deve ser feita a seleção da bomba levando em consideração que a altura manométrica total (h_{mt}) é igual a altura de elevação do reservatório (h_{elev}).

A seleção da bomba a ser utilizada pode ser feita utilizando-se gráficos e curvas características fornecidas pelos fabricantes de bombas de pressurização (Figura 18) ou então utilizando tabelas fornecidas pelos fabricantes (Figura 19).

Figura 18 - Curva de desempenho motor-bomba



Fonte: Komeco (2025).

Figura 19 - Tabela técnica motor-bomba

	TP 820	TP 825
Tensão (V)	127 - 220	127 - 220
Corrente de operação (A)	3,2/1,6	5,2/2,6
Frequência (Hz)	60	60
Rotação (r.p.m)	3500	3500
Potência mecânica (CV)	1/4 (180W)	1/2 (370W)
Chave de pressão m.c.a.(kPa) - Liga	12 (120)	20 (200)
Chave de pressão m.c.a.(kPa) - Desliga	24 (240)	30 (300)
Pressão máxima m.c.a.(kPa)	34 (340)	38 (380)
Pressão de sucção m.c.a.(kPa)	7 (70)	7 (70)
Vazão máxima (L/min.)	35	42
Vazão mínima de trabalho (L/min)	4	9
Vazão c/ 15 m.c.a. (L/min.)	20	25
Temperatura máx. de água trabalho (°C)	60	60
Conexões entrada/saída pol (mm)	3/4" (20)	1" (25,4)
Dimensões (mm)	185 x 390 x 245	185 x 390 x 245
Peso (kg)	6,8	7,6

Fonte: Komeco (2025).

Após a seleção das bombas a serem utilizadas, deve ser feito o cálculo de quais pavimentos deverão receber a pressurização e, para tanto, deve-se dividir a altura manométrica total para o hidrante mais desfavorável (h_{mt}) pelo pé direito dos pavimentos da edificação, desprezando-se a perda de carga, pois trata-se de uma estimativa.

Além disso, de acordo com a IN07 (2024e) deve-se considerar uma bomba de reforço com fonte de energia reserva com funcionamento à plena carga de 2 horas para o caso desta edificação onde tem-se carga de incêndio inferior a 1.200 MJ/m².

3.2.1.10 Determinação da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis

Seguindo com o dimensionamento, é importante que seja feito o cálculo da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis hidráulicamente da edificação, que se referem às tomadas d'água localizadas mais próximas ao pavimento térreo, onde a pressão aumenta em função do desnível do reservatório superior ou àqueles que se encontram na coluna de incêndio pressurizada pela bomba de reforço, por mais que haja perda de carga na coluna d'água.

Esse cálculo é essencial para verificar se a velocidade nos esguichos desses hidrantes não está demasiadamente elevada (deve ser de, no máximo, 5m/s), se o diâmetro adotado para a coluna de incêndio está suficiente para atendê-los e para determinar o volume da reserva técnica de incêndio garantindo a simultaneidade de quaisquer dois hidrantes da edificação, de acordo com as diretrizes da IN07 (2024e) e da NBR 13.714 (2000).

Seguindo com o cálculo dos hidrantes mais favoráveis, que serão considerados os hidrantes abastecidos pela coluna de incêndio por gravidade, será demonstrado primeiramente o cálculo da vazão no hidrante do segundo pavimento (H_x) e do primeiro pavimento (H_y).

3.2.1.10.1 Cálculo da vazão no hidrante H_x

Para determinar o cálculo da vazão no ponto X, que se refere ao ponto de conexão do hidrante H_x com a coluna de incêndio, deve-se primeiramente calcular a pressão no ponto X, que é dada pela Equação 20.

$$P_X = P_G + hg_{G-X} - hp_{G-X} \quad (20)$$

Onde:

P_X = Pressão no ponto X (m);

P_G = Pressão no ponto G (m);

hg_{G-X} = Altura geométrica do trecho G-X (m);

hp_{G-X} = Perda de carga do trecho G-X (m).

Para tanto, deve-se calcular a pressão no ponto G, que se refere ao primeiro hidrante abastecido pela coluna de incêndio por gravidade, dada pela Equação 21. Nesse caso, o cálculo da perda de carga no trecho Rs-G é calculado desconsiderando as conexões em Tê e considerando as demais conexões pois pode ser considerado um trecho reto com perda de carga linear.

$$P_G = hg_{RS-G} + hp_{RS-G} \quad (21)$$

Onde:

P_G = Pressão no ponto G (m);

hg_{RS-G} = Altura geométrica do trecho Rs-G (m);

hp_{RS-G} = Perda de carga do trecho Rs-G (m).

Após o cálculo da pressão no ponto G é possível seguir com o cálculo da pressão no Ponto X, dada pela Equação 20 e, por fim, pode-se calcular a vazão no ponto X, conforme a Equação 22.

$$Q_{Hx} = K \cdot \sqrt{P_X} \quad (22)$$

3.2.1.10.2 Cálculo da vazão no hidrante H_Y

Assim como no cálculo da vazão no ponto X, para o ponto Y deve-se primeiramente calcular a pressão no ponto Y, demonstrada na Equação 23.

$$P_Y = P_X + hg_{X-Y} - hp_{X-Y} \quad (23)$$

Onde:

P_Y = Pressão no ponto Y (m);

P_X = Pressão no ponto X (m);

hg_{X-Y} = Altura geométrica do trecho X-Y (m);

hp_{X-Y} = Perda de carga do trecho X-Y (m).

A perda de carga no trecho X-Y pode ser calculada pela Equação de Hazen-Williams e, por fim, a vazão no hidrante H_Y é calculada pela Equação 24.

$$Q_{Hy} = K \cdot \sqrt{P_Y} \quad (24)$$

3.2.1.11 Verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio

De acordo com a NBR 13.714 (2000) a velocidade do escoamento d'água na coluna de incêndio não pode ultrapassar 5m/s e, para garantir o atendimento a essa diretriz, deve ser feita a verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio considerando os hidrantes onde tem-se a maior vazão, ou seja, H_x e H_y funcionando simultaneamente, conforme Equação 25.

$$Q_{CI} = Q_{Hy} + Q_{Hx} \quad (25)$$

Assim, pode-se calcular a velocidade de escoamento d'água na coluna de incêndio, de acordo com a Equação 26. Após o cálculo, caso o valor obtido seja menor que 5m/s pode-se adotar para a coluna de incêndio o mesmo diâmetro utilizado para os ramais de incêndio e, caso contrário, deve-se adotar o diâmetro comercial imediatamente superior para mitigar o excesso de velocidade.

$$v_{CI} = \frac{Q_{CI}}{A_{CI}} \quad (26)$$

Onde:

v_{CI} = Velocidade na coluna de incêndio (m/s);

Q_{CI} = Vazão na coluna de incêndio (m³/s);

A_{CI} = Área da seção da coluna de incêndio (m²).

3.2.1.12 Volume da reserva técnica de incêndio (RTI)

O volume da reserva técnica de incêndio é definido de acordo com a IN07 do CBMSC (2024e), conforme apresentado na Figura 20.

Figura 20 - Volume mínimo da RTI

Carga de Incêndio	Área ≤ 2.500m ²	2.500m ² < Área ≤ 5.000m ²	5.000m ² < Área ≤ 10.000m ²	10.000m ² < Área ≤ 25.000m ²	25.000m ² < Área ≤ 50.000m ²	Área > 50.000m ²
≤ 1.200 MJ/m ²	5 m ³	10 m ³	15 m ³	20 m ³	25 m ³	30 m ³
1.201 ≤ 2.400 MJ/m ²	18 m ³	36 m ³	54 m ³	72 m ³	90 m ³	108 m ³
> 2.400 MJ/m ²	36 m ³	72 m ³	108 m ³	144 m ³	180 m ³	216 m ³

Fonte: Adaptado de CBMSC (2024d)

Entretanto, caso seja desejável a utilização de quaisquer dois hidrantes de forma simultânea, pode-se calcular o volume da reserva técnica de incêndio por meio da Equação 27.

$$V_{RTI} = (Q_{Hx} + Q_{Hy}) \cdot T \quad (27)$$

Onde:

V_{RTI} = Volume da reserva técnica de incêndio (m³);

T = Tempo mínimo de funcionamento do sistema (min ou h).

Com essas informações, será elaborada uma planilha de dimensionamento do sistema com base no roteiro de cálculo proposto por Brentano (2016), que será apresentada no item que apresentará os resultados.

3.3 Projeto SHP

Após o dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) demonstrado no capítulo 3.2, será feito o lançamento do projeto para a edificação apresentada, considerando também as diretrizes da IN07 do CBMSC (2024e) e também os requisitos da NBR 13.714 (2000).

Nesse sentido, o projeto será elaborado por meio da metodologia BIM, através do *software* Revit da Autodesk abrangendo as plantas baixas, detalhamentos, cortes, vistas e demais detalhamentos que sejam pertinentes para o entendimento do projeto. Para isso, serão utilizadas as famílias de projeto preventivo

de incêndio que foram desenvolvidas pela autora Mariana em seu TCC intitulado *Elaboração de Template Revit para Aprovação de Projetos de Prevenção Contra Incêndio e Pânico no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina: Edificações de Ocupação Residencial Multifamiliar Vertical* (2022).

Em relação ao nível de desenvolvimento do projeto (LOD), será utilizado o LOD300 que abrangerá a representação do sistema com suas respectivas dimensões, formas, orientações, parametrização e informações que permitirão a boa usabilidade do modelo no futuro.

3.4 Memorial descritivo e quantitativo de materiais

Após o devido lançamento do projeto no *software* Autodesk Revit, será desenvolvido o memorial descritivo de cálculo, que conterà o passo a passo do cálculo do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) e todas as considerações que foram feitas de acordo com as diretrizes da IN07 do CBMSC (2024e), que regulamenta os procedimentos de dimensionamento e execução do Sistema Hidráulico Preventivo em Santa Catarina bem como da NBR 13.714 (2000), que trata do Sistema de Hidrantes e Mangotinhos.

O memorial descritivo que será apresentado no item de resultados do trabalho a ser desenvolvido abrangerá os itens listados abaixo de acordo com o que estabelece o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2024) na IN01 (Parte 1 e 2):

- a. Área total da edificação, incluindo a descrição das áreas que poderão ser desconsideradas no dimensionamento;
- b. Detalhamentos dos sistemas de Prevenção Contra Incêndio, incluindo especificações, planilhas e critérios de dimensionamento;

Além disso, será feita a extração do quantitativo de materiais diretamente do modelo BIM, o que garante maior precisão nos dados e permite rastreabilidade entre o projeto e os materiais especificados. Esse quantitativo de materiais será tratado e formatado por meio do Excel, com o objetivo de ser apresentado de forma clara e dividindo os dados por pavimento, tipo de item, quantidade e unidade de medida.

A extração do quantitativo do modelo BIM se dará a partir da parametrização das famílias que serão utilizadas, ou seja, serão adicionadas informações detalhadas a respeito dos componentes do sistema incluindo a dimensão e qual material será utilizado. Essa parametrização é possibilitada pela modelagem do Sistema Hidráulico Preventivo utilizando o nível de desenvolvimento de projeto LOD 300, o qual permite representar com fidelidade as características geométricas e funcionais dos elementos do sistema.

Finalizada a parametrização do modelo, será feita a configuração das tabelas de quantidades utilizando o *software* Revit, onde serão selecionados os campos a serem exibidos na tabela, conforme exemplificado na Figura 21.

Figura 21 - Exemplo de levantamento de material

<Tubulação - Acessórios>				
A	B	C	D	E
Qt.	Descrição	Modelo	Fabricante	Tamanho [mm]
Corpo com fluxo reto e com orifício automático de grande diâmetro, o que permite taxas de vazões maiores que o normal. Escudo cinético co				
2		Corpo com fluxo reto e com orifício autom	BERMAD	ø50
Registro de gaveta				
8	Registro de gaveta Ø2. 1/2"	Registro de gaveta	Zeus do Brasil	ø65-ø65
2	Registro de gaveta Ø3"	Registro de gaveta	Zeus do Brasil	ø80-ø80
Válvula de esfera				
6	Válvula de esfera Ø1. 1/4"	Válvula de esfera	TUPY S.A.	ø32-ø32
Válvula de retenção horizontal				
2	Válvula de retenção horizontal Ø2. 1/2"	Válvula de retenção horizontal	Docol	ø65-ø65
2	Válvula de retenção horizontal Ø3"	Válvula de retenção horizontal	Docol	ø80-ø80
Válvula para hidrante 45° 2 1/2" - DocolBásicos				
41	Válvula angular para hidrante 45° 2. 1/2"	Válvula para hidrante 45° 2 1/2" - DocolBá	Docol	ø65

Fonte: Elaboração própria (2025).

Os entregáveis que foram citados nesse tópico serão apresentados no capítulo de resultados do trabalho que será desenvolvido no próximo semestre e, sendo assim, serão anexados no mesmo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos com o trabalho que foi proposto e desenvolvido, que incluem a planilha eletrônica de cálculo que foi utilizada para o dimensionamento, o projeto do Sistema Hidráulico Preventivo por Hidrantes, o memorial descritivo de cálculo, que pode ser visualizado no Apêndice A e, também, o quantitativo de materiais.

4.1 Memorial descritivo e planilha eletrônica de dimensionamento

O dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) da edificação multifamiliar vertical de uso misto foi realizado em conformidade com as Instruções Normativas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2024) e com as Normas Brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas, assegurando o atendimento aos requisitos legais e técnicos aplicáveis à segurança contra incêndio. Para demonstrar o dimensionamento e as definições escolhidas para o Sistema Hidráulico Preventivo da edificação estudada foi elaborado um memorial descritivo de cálculo, que pode ser consultado no Apêndice A.

O cálculo baseou-se nas seguintes normas e instruções:

- d) IN 01 – Parte 1 (CBMSC, 2024a) – Procedimentos administrativos e classificação de risco;
- e) IN 01 – Parte 2 (CBMSC, 2024b) – Sistemas e medidas de segurança contra incêndio;
- f) IN 03 (CBMSC, 2024c) – Determinação da carga de incêndio;
- g) IN 07 (CBMSC, 2024e) – Sistema hidráulico preventivo;
- h) ABNT NBR 13714:2000 – Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio;
- i) ABNT NBR 16021:2011 – Válvulas e acessórios para hidrantes;
- j) ABNT NBR 16870:2020 – Abrigos para mangueiras e acessórios.

4.1.1 Planilha eletrônica de cálculo

Para o dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo, foi elaborada uma planilha eletrônica de cálculo, conforme a metodologia apresentada no capítulo 3.2 que possui como base o roteiro de cálculo apresentado por Brentano (2016) e, ainda, tomou-se como base as Instruções Normativas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina e diretrizes das Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas. A planilha utilizada está disponibilizada em nuvem pelo QR Code demonstrado na Figura 22.

Figura 22 - QR Code Planilha Dimensionamento



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.1.2 Estrutura do memorial

O Memorial Descritivo de Cálculo, apresentado como apêndice deste Trabalho de Conclusão de Curso, foi elaborado com o objetivo de documentar de forma sistemática todas as premissas técnicas, critérios normativos e etapas metodológicas utilizadas no dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) da edificação estudada. Dessa forma, o memorial funciona como um documento-base que garante rastreabilidade aos resultados obtidos, pois apresenta, de maneira ordenada, as condições físicas da edificação, as exigências normativas aplicáveis, os componentes do sistema, as premissas hidráulicas e as verificações necessárias para assegurar o atendimento às diretrizes técnicas.

A estrutura adotada no memorial segue uma lógica progressiva que inicia pela caracterização global da edificação, avança para o enquadramento normativo

que rege o dimensionamento e, por fim, demonstra as etapas de cálculo aplicadas para cada torre. Essa organização facilita a compreensão de como cada informação se relaciona com as demais, demonstrando que o sistema como um todo foi concebido com base em parâmetros normativos, geométricos e operacionais compatíveis com as necessidades da edificação.

4.1.3 Caracterização da edificação e condicionantes do projeto

A primeira parte do memorial dedica-se à descrição da edificação, apresentando sua área construída, altura total, distribuição de pavimentos, organização em duas torres e funções dos diferentes níveis. Essa caracterização não se limita a um resumo arquitetônico, mas sim, estabelece os condicionantes geométricos que fundamentam o dimensionamento do sistema preventivo. A altura da edificação, por exemplo, afeta diretamente o desnível disponível para o abastecimento por gravidade, enquanto a quantidade de pavimentos e o posicionamento dos hidrantes influenciam os comprimentos das tubulações, as perdas de carga e a localização dos trechos hidráulicos mais desfavoráveis.

As plantas dos pavimentos tipo e o corte esquemático inseridos no memorial auxiliam na visualização da configuração vertical e horizontal da edificação. Esses elementos gráficos facilitam a interpretação dos dados de entrada utilizados no dimensionamento, como o percurso da tubulação da coluna de incêndio, desnível geométrico entre os reservatórios e pontos de consumo, e a distribuição dos hidrantes ao longo dos pavimentos.

4.1.4 Enquadramento normativo e fundamentação técnica

A seção seguinte do memorial trata das normas e Instruções Normativas utilizadas. Essa etapa demonstra que todas as escolhas técnicas foram realizadas a partir de parâmetros definidos pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) e pelas Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A forma como o memorial apresenta essas normas deixa claro que cada exigência foi interpretada e aplicada no dimensionamento, desde os critérios de classificação de risco e ocupação da edificação até os requisitos de vazão mínima,

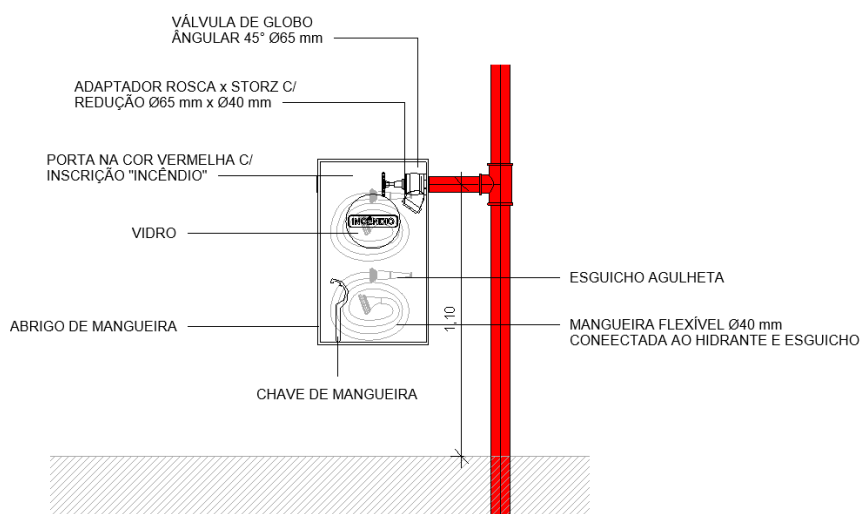
pressão no esguicho, limite de velocidade da água, características das mangueiras e diâmetros mínimos das tubulações. Assim, o memorial não apenas cita as normas, mas demonstra como elas fundamentam cada decisão de projeto, garantindo que o sistema final atenda aos requisitos legais e de segurança.

4.1.5 Componentes do sistema hidráulico preventivo

A descrição dos componentes do SHP que aparece no memorial cumpre a função de contextualizar fisicamente o sistema antes da apresentação dos cálculos. Nessa parte, o documento aborda os hidrantes de parede, os hidrantes de recalque, as mangueiras tipo 1, os esguichos, os abrigos metálicos, as tubulações metálicas e a Reserva Técnica de Incêndio (RTI). A forma como esses elementos são apresentados reforça a importância de compreender que o sistema não depende apenas de cálculos numéricos, mas também das características físicas e construtivas de cada componente.

Cabe mencionar ainda que o memorial evidencia as razões pelas quais determinados equipamentos foram selecionados, relacionando-os diretamente às exigências normativas e ao comportamento hidráulico esperado. A presença das figuras de abrigos, esguichos e pontos de tomada d'água (Figura 23) auxilia o leitor a visualizar esses elementos, facilitando a compreensão de sua função dentro do sistema.

Figura 22 - Ponto de Tomada D'água

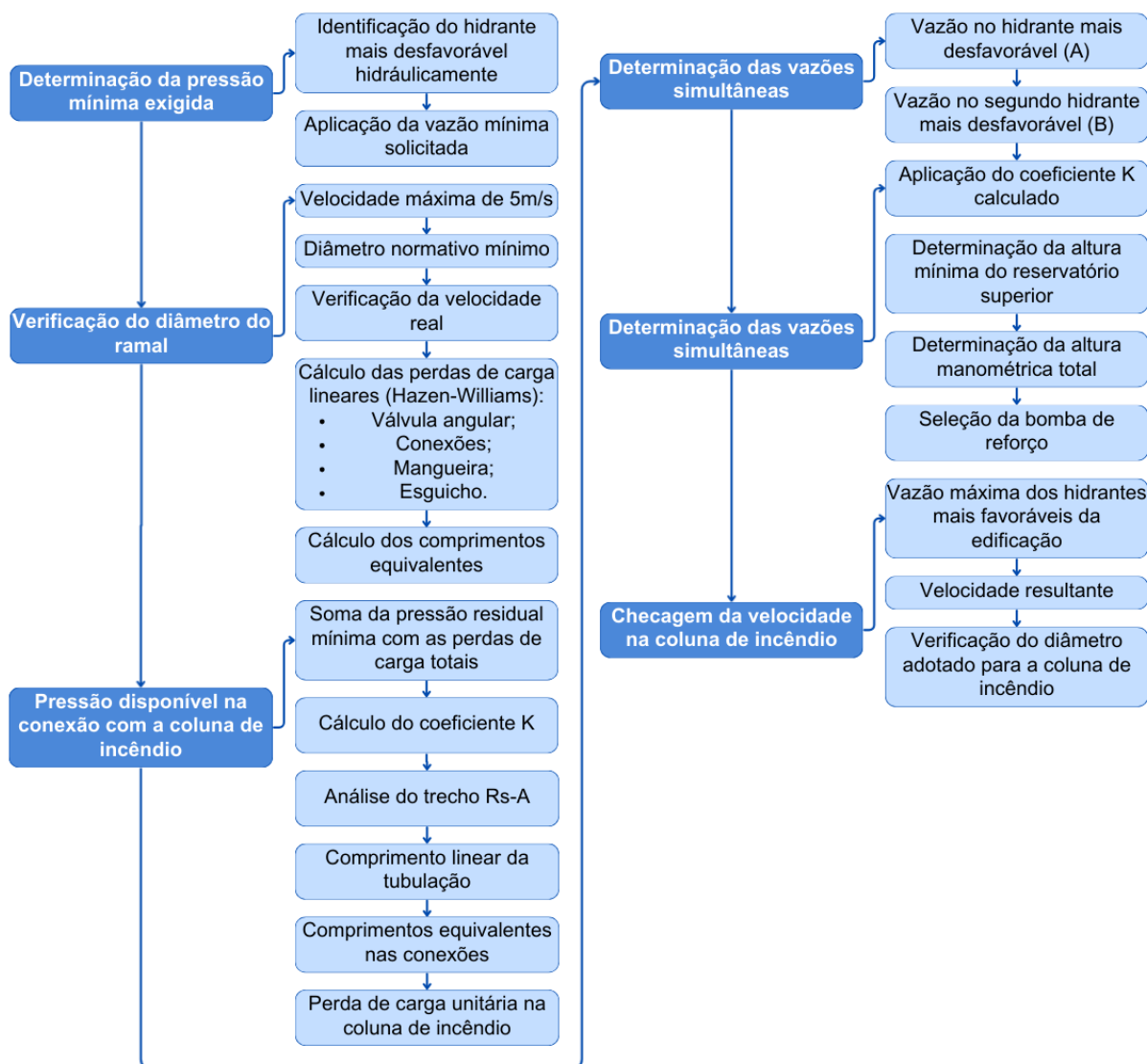


Fonte: Elaboração própria (2025).

4.1.6 Estrutura metodológica do dimensionamento

A seção dedicada ao dimensionamento hidráulico das Torres A e B apresenta uma estrutura metodológica clara, que reforça a consistência do processo adotado. O memorial organiza o dimensionamento em uma sequência lógica que inclui a determinação da pressão mínima exigida, a verificação do diâmetro do ramal, o cálculo das perdas de carga lineares e localizadas, a obtenção da pressão disponível na conexão com a coluna, a determinação das vazões simultâneas, a análise do trecho entre o reservatório superior e o hidrante mais desfavorável, a verificação do desnível necessário e, por fim, a checagem da velocidade de escoamento. Essa organização, que pode ser visualizada na Figura 24, demonstra o encadeamento entre as etapas e evidencia como cada cálculo depende dos parâmetros estabelecidos anteriormente.

Figura 23 - Fluxograma para Dimensionamento do SHP



Fonte: Elaboração própria (2025).

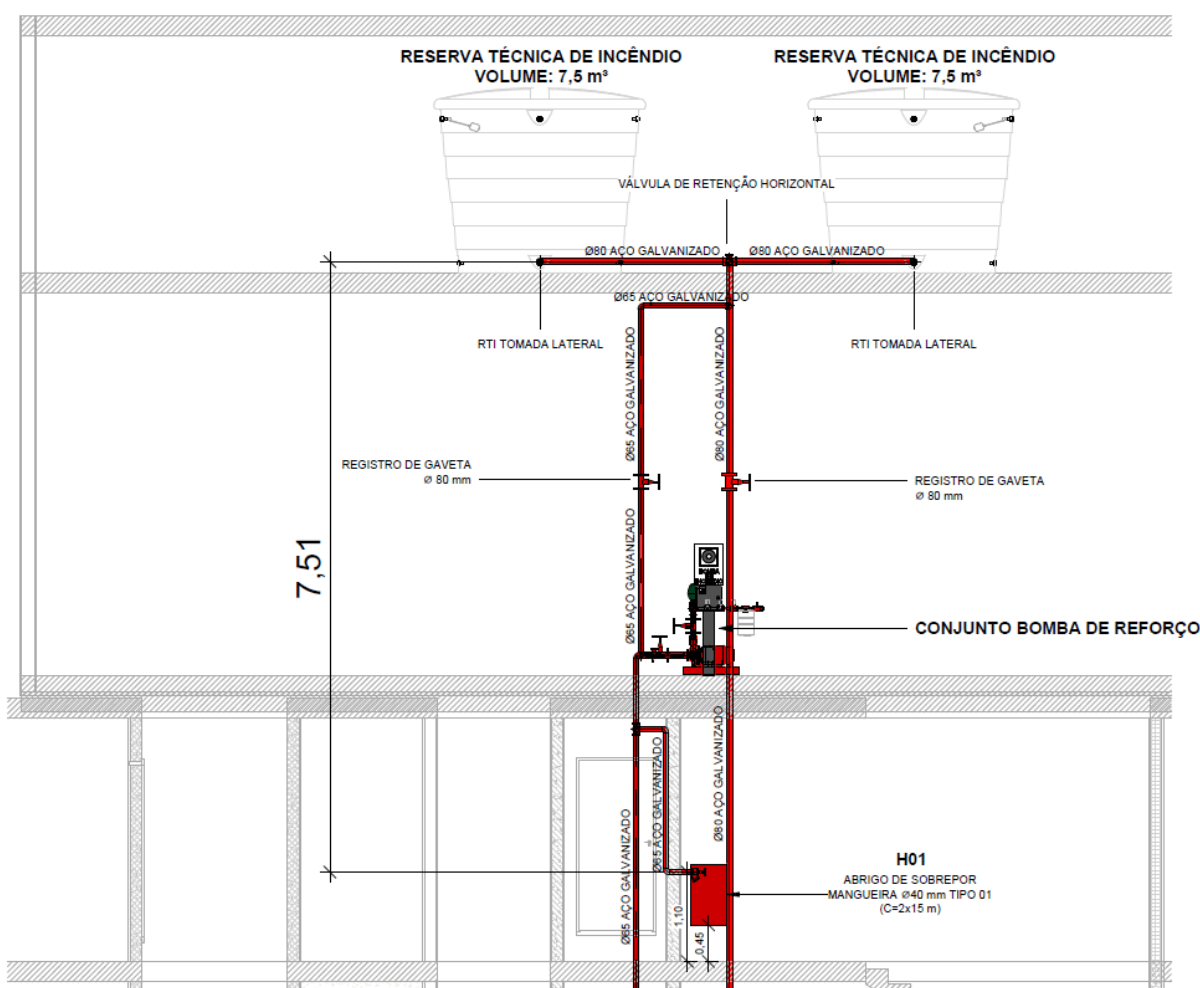
A disposição das figuras e tabelas que aparecem no Apêndice A, especialmente os esquemas verticais, os isométricos e os quadros de comprimentos equivalentes, complementa essa narrativa, permitindo visualizar com clareza como o sistema se distribui ao longo da edificação e onde se encontram os trechos críticos.

4.1.7 Análise e interpretação dos resultados do memorial

O dimensionamento demonstra que o desnível disponível entre o reservatório superior e os hidrantes mais desfavoráveis é insuficiente para garantir a

pressão mínima exigida pela IN 07 do CBMSC (2024). O desnível existente na edificação pode ser visualizado na Figura 24 e, com isso, pode-se dizer que a edificação estudada possui limitações geométricas que inviabilizam o atendimento às pressões mínimas sem o auxílio de uma bomba de reforço. Isso se dá pelo fato de haver uma limitação de altura a ser construída na região onde está localizado o projeto.

Figura 24 - Desnível no Trecho Rs-A

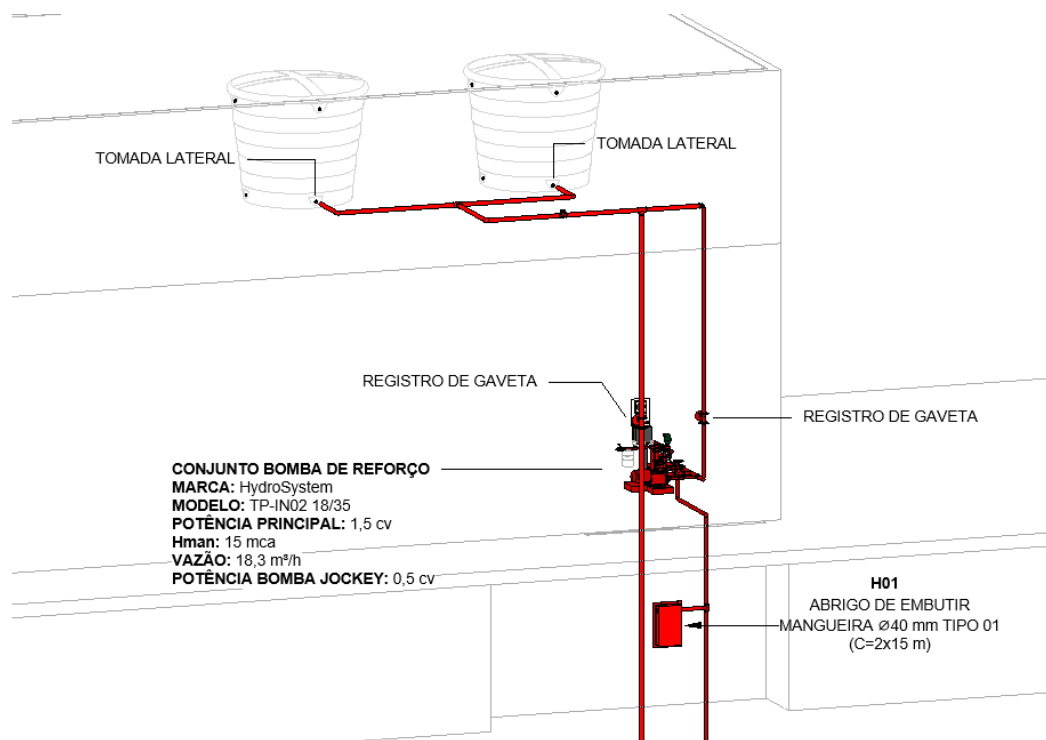


Fonte: Elaboração própria (2025).

Sendo assim, pode-se dizer que a necessidade de reforço mecânico não é uma decisão arbitrária, mas sim decorrente diretamente das condições físicas da edificação. O memorial mostra a escolha da bomba TP-IN 18/35 da HydroSystem (2024), demonstrando a compatibilidade entre sua altura manométrica e a diferença de pressão necessária para suprir a diferença de altura identificada, que é a mesma para as Torres A e B, conforme pode ser visualizado na Figura 25. A apresentação

do modelo e do seu desenho técnico, disponível no apêndice, facilita a compreensão da solução adotada e reforça a coerência do dimensionamento.

Figura 25 - Altura Manométrica Bomba de Reforço



Fonte: Elaboração própria (2025).

Outro ponto significativo discutido no memorial é a similaridade hidráulica entre as Torres A e B. Apesar de pequenas variações nos comprimentos das tubulações e nos trechos analisados, ambas demandam a mesma solução de bombeamento e apresentam diâmetros iguais para ramais e colunas, conforme pode ser visualizado nos Quadros 5 e 6. O memorial demonstra que as perdas de carga e as vazões resultantes são compatíveis, o que indica que o sistema responde de forma homogênea à distribuição vertical e às exigências normativas.

Quadro 5 - Resumo do Dimensionamento (Torre A)

Vazão mínima	70 l/min
Diâmetro da coluna de incêndio	80 mm
Diâmetro dos ramais de alimentação	65 mm
Bomba de reforço	TP-IN 18/35 (1,5 cv)
Volume RTI	15 m ³

Fonte: Elaboração própria (2025).

Quadro 6 - Resumo do Dimensionamento (Torre B)

Vazão mínima	70 l/min
Diâmetro da coluna de incêndio	80 mm
Diâmetro dos ramais de alimentação	65 mm
Bomba de reforço	TP-IN 18/35 (1,5 cv)
Volume RTI	15 m ³

Fonte: Elaboração própria (2025).

Por fim, é possível consultar no memorial que o dimensionamento do diâmetro de 65 mm é adequado para a coluna de incêndio, atendendo ao limite de velocidade estabelecido pela NBR 13714 (2000), inclusive nos cenários de operação dos hidrantes mais favoráveis. O esquema vertical apresentado no apêndice auxilia na visualização desses pontos e reforça a conclusão de que a solução adotada é coerente do ponto de vista hidráulico.

A análise realizada demonstra que o Memorial Descritivo de Cálculo cumpre um papel essencial na sustentação técnica deste trabalho. Ele consolida de maneira detalhada todas as premissas, cálculos e verificações necessárias para justificar o dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo. Ao organizar as etapas de forma progressiva e fundamentada, o memorial garante a rastreabilidade dos resultados, demonstra a conformidade do sistema com as exigências normativas e reforça a confiabilidade das soluções propostas.

4.2 Projeto do sistema hidráulico preventivo

Para o desenvolvimento do projeto de SHP por Hidrantes foi utilizado o *template* disponibilizado pela aluna Mariana em seu TCC intitulado *Elaboração de Template Revit para Aprovação de Projetos de Prevenção Contra Incêndio e Pânico no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina: Edificações de Ocupação Residencial Multifamiliar Vertical* (2022).

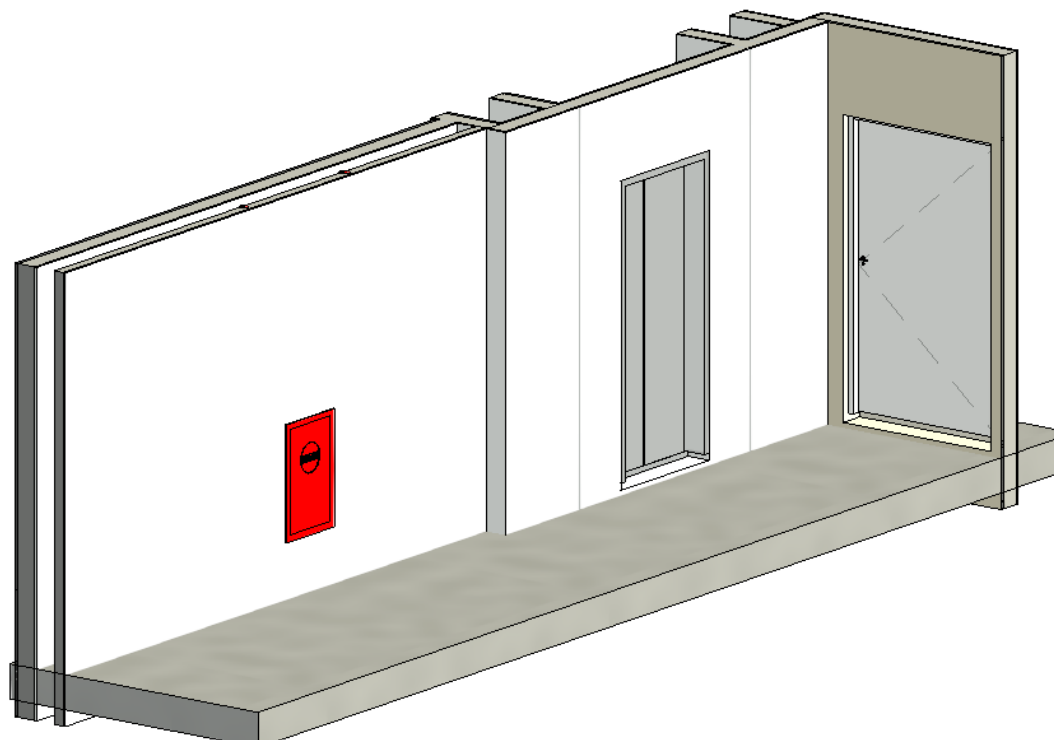
Além das famílias disponíveis em seu *template*, foram utilizadas também famílias disponíveis de fabricantes de itens do sistema, como foi o caso da família utilizada para a representação do conjunto motobomba que foi retirada do acervo da empresa Hydrosystem (2024). No apêndice B desse trabalho poderá ser visualizado o projeto SHP por hidrantes que foi desenvolvido para a edificação estudada.

4.2.1 Aplicação do SHP para a edificação estudada

Após o desenvolvimento da planilha para o dimensionamento do sistema e a exposição dos itens e tomadas de decisão no memorial de cálculo disponível no Apêndice A, foi elaborado o projeto do Sistema Hidráulico Preventivo da edificação residencial multifamiliar vertical de uso misto que foi descrita no método deste trabalho.

O posicionamento dos abrigos de hidrantes seguiu às diretrizes da Instrução Normativa 07 do CBMSC (2024e) de modo que estejam em local de circulação comum, com boa visibilidade, sem obstrução em caso de incêndio, e distando no máximo 5 m dos locais seguros, escadas de emergência. Ainda sobre isso, cabe destacar que foi considerado um hidrante por pavimento, considerando lances duplos de mangueiras de 15 m cada uma e, ainda, foram alocados dentro dos *shafts* disponibilizados pela arquitetura sempre que possível, conforme pode ser visualizado na Figura 26.

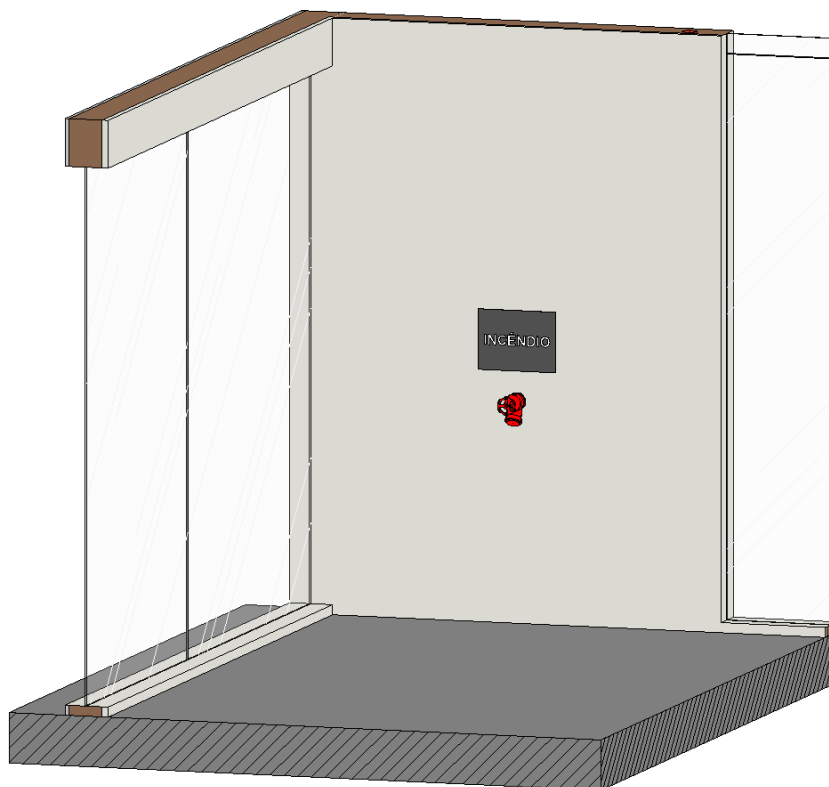
Figura 26 - Posicionamento do Abrigo de Hidrante no Pavimento Tipo



Fonte: Elaboração própria (2025).

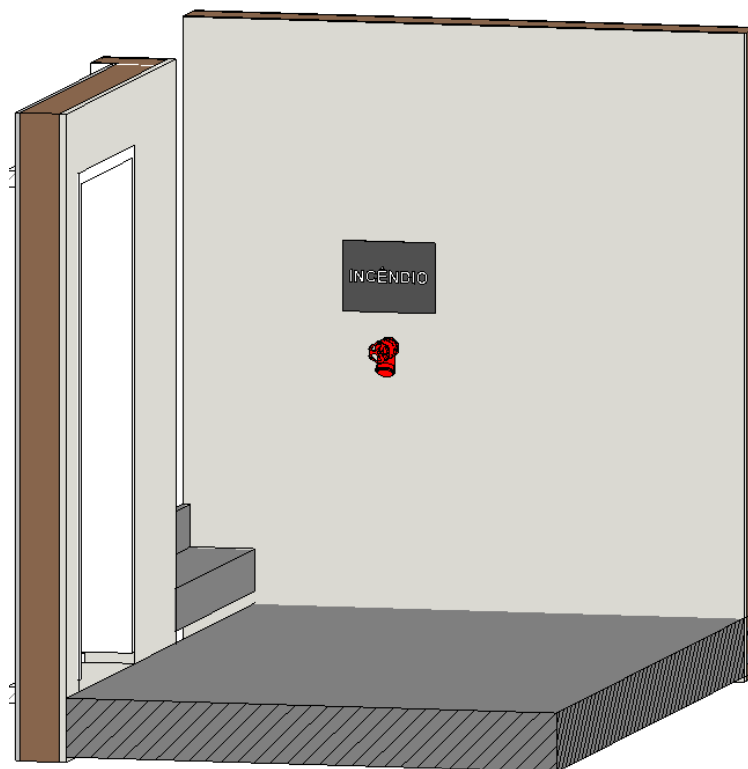
Após o posicionamento dos pontos de consumo, foram locados os hidrantes de recalque da edificação onde foi considerado um hidrante de recalque por torre, já que a reserva técnica de incêndio foi dividida entre as torres. Além disso, o hidrante de recalque foi posicionado de forma que fique aparente para uso pelo corpo de bombeiros caso haja ocorrência de incêndio na edificação e seja necessário o uso de pressurização do sistema. O posicionamento dos hidrantes de recalque pode ser visualizado nas Figuras 27 e 28.

Figura 27 - Posição Hidrante de Recalque Torre A



Fonte: Elaboração própria (2025).

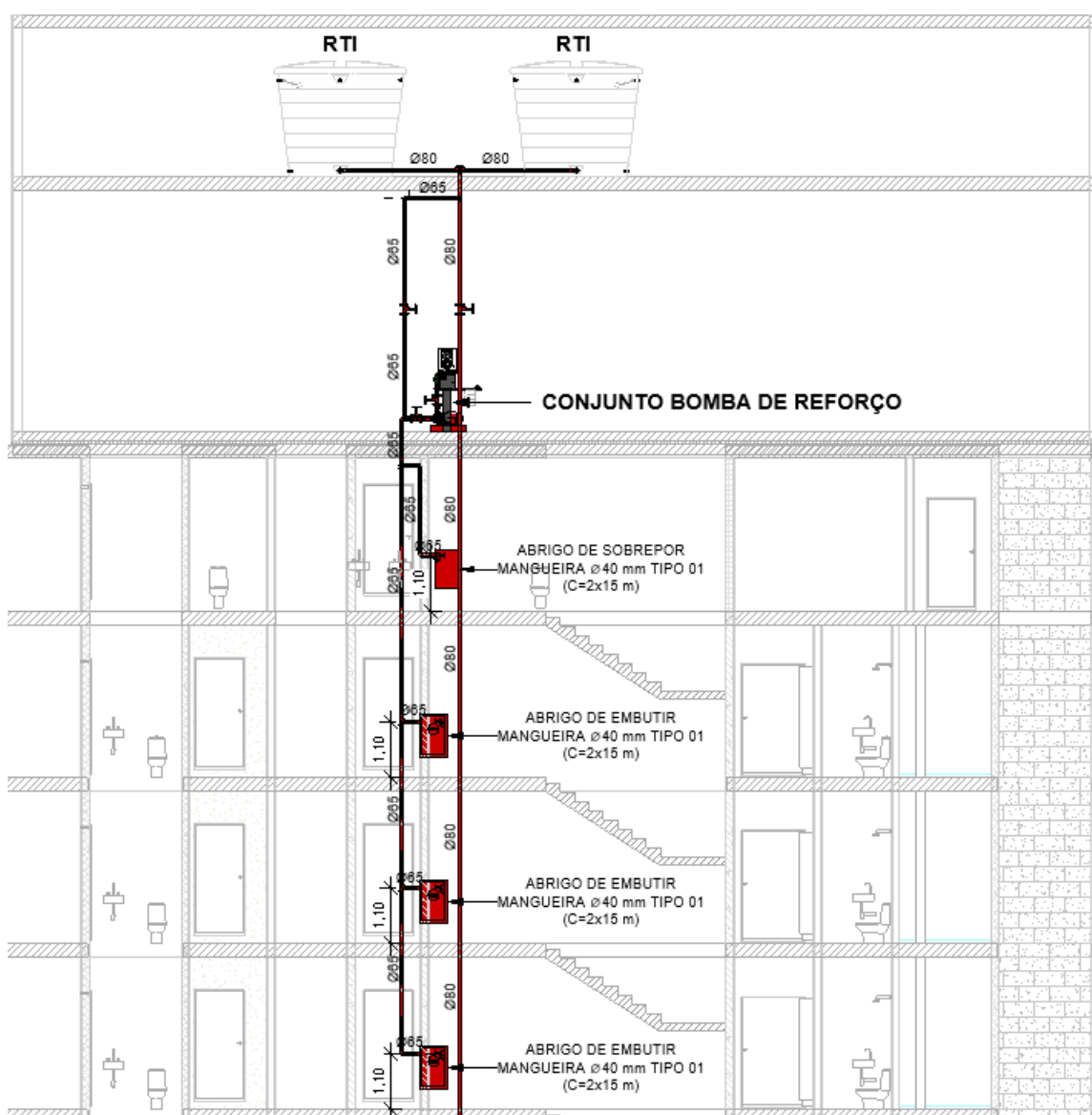
Figura 28 - Posição Hidrante de Recalque Torre B



Fonte: Elaboração própria (2025).

Dando seguimento, após a locação dos pontos dos abrigos de hidrante e dos hidrantes de recalque de edificação, foram traçados os caminhamentos da tubulação com diâmetro definido conforme demonstrado no memorial descritivo de cálculo disponível no Apêndice A. Assim, como foi necessária a indicação de um sistema de bomba de reforço para atender à pressão mínima exigida para os hidrantes mais desfavoráveis da edificação, foi traçado um caminhamento paralelo para os quatro primeiros hidrantes da edificação, que são atendidos pela bomba de reforço, conforme pode ser visualizado na Figura 29.

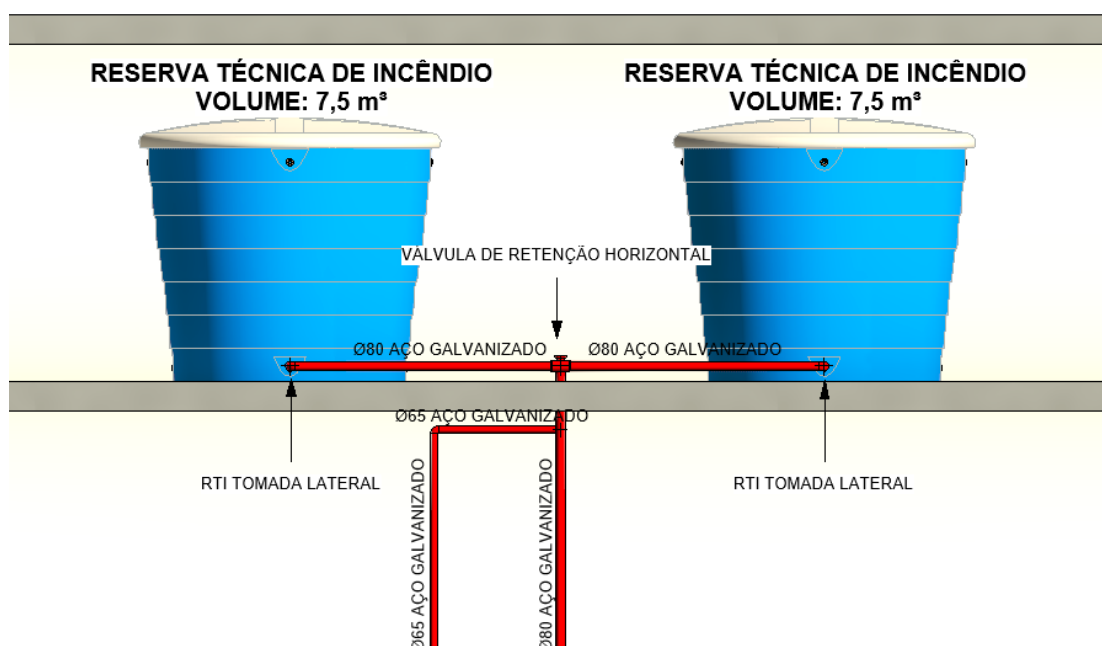
Figura 29 - Hidrantes com Sistema de Bombeamento



Fonte: Elaboração própria (2025).

Além disso, foi locada a reserva técnica de incêndio conforme preconizado pela IN 07 do CBMSC (2024e). Esta foi posicionada no pavimento reservatório de ambas as torres, divididas em duas células e optou-se por utilizar reservatórios de polietileno, que serão exclusivos para a Reserva Técnica de incêndio, considerando que há um espaço generoso no pavimento para comportar as demais células que serão destinadas para o abastecimento de água predial. Como foi trabalhado com reservatórios pré-fabricados, foram indicados dois reservatórios de 7.500 l para cada torre, somando um total de 15.000 l por torre e 30.000 l para a edificação, o que corrobora com a Instrução Normativa que pede que o volume seja de, no mínimo 25.000 l para a carga de incêndio e área da edificação em questão. A ilustração da Reserva Técnica de Incêndio pode ser visualizada na Figura 30.

Figura 30 - Reserva Técnica de Incêndio



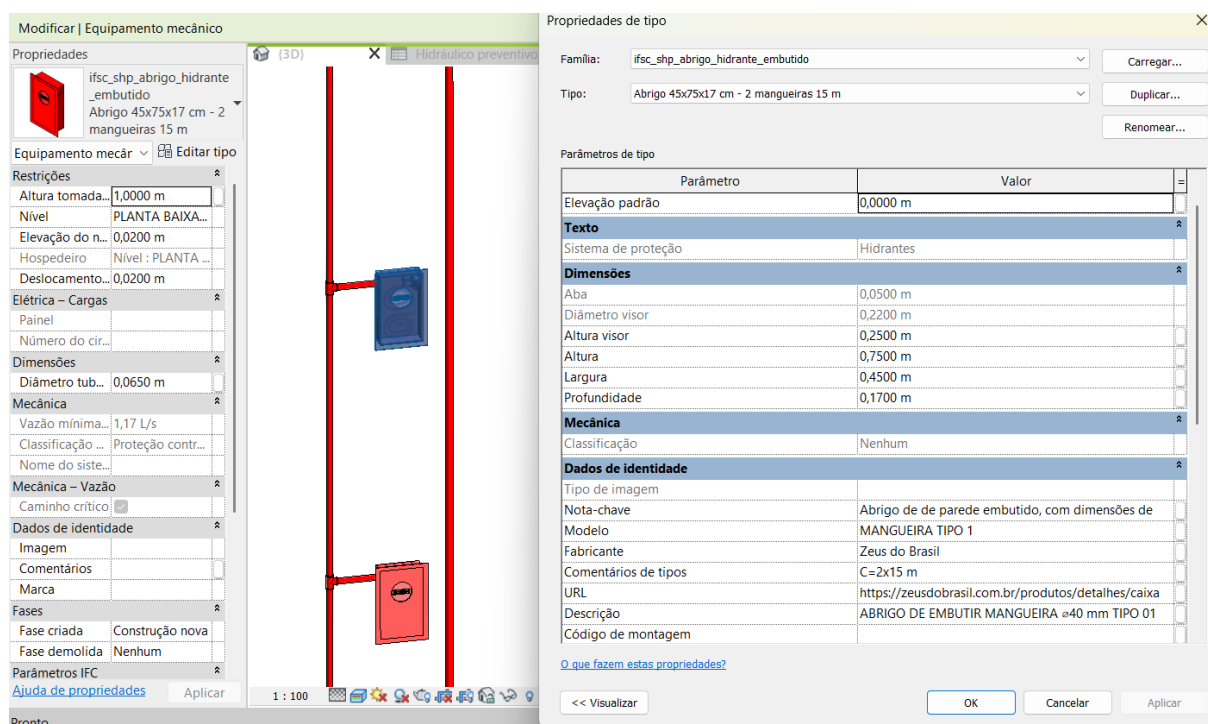
Fonte: Elaboração própria (2025).

Por fim, após o dimensionamento do SHP por hidrantes e conferência dos cálculos do memorial descritivo, foi feita uma revisão no projeto lançado para garantir que todos os diâmetros, posicionamentos e decisões técnicas estejam de acordo com o calculado e, principalmente, respeitando as diretrizes do CBMSC e das Normas Técnicas da ABNT. O projeto SHP pode ser visualizado com mais detalhes no Apêndice B.

4.3 Quantitativo de materiais

A extração dos quantitativos do sistema hidráulico preventivo, disponível no Anexo C, foi realizada diretamente no modelo tridimensional desenvolvido no Revit, utilizando exclusivamente tabelas nativas vinculadas aos parâmetros de cada família, conforme pode ser visualizado na Figura 31. Como o modelo estava inteiramente parametrizado, incluindo tubulações, conexões, acessórios e componentes dos hidrantes, foi possível fazer a listagem de todos os itens automaticamente, sem necessidade de medições manuais ou conferências paralelas.

Figura 31 - Abrigo de Hidrante Parametrizado



Fonte: Elaboração própria (2025).

Assim, foram criadas tabelas específicas para cada categoria de elemento (tubulação, conexões, acessórios e componentes dos hidrantes), configuradas para agrupar itens por diâmetro, família, fabricante e modelo, conforme pode ser visualizado na Figura 32. Essa metodologia garantiu rastreabilidade entre cada item listado e seu correspondente no modelo, permitindo navegar diretamente para o elemento físico caso fosse necessária verificação. Além disso, a extração

automática refletiu exatamente o que foi modelado, assegurando que não houvesse divergência entre o quantitativo e a representação gráfica.

Figura 32 - Tabela de Quantidades SHP

<Hidráulico preventivo>		
A	B	C
Qt.	Descrição	Fabricante
31	ABRIGO DE EMBUTIR MANGUEIRA \square 40 mm TIPO 01	Zeus do Brasil
2	ABRIGO DE HIDRANTE DE RECALQUE DE EMBUTIR	Zeus do Brasil
8	ABRIGO DE SOBREPOR MANGUEIRA \square 40 mm TIPO 01	Zeus do Brasil
4	Caixa d'água de fibra de vidro, 7500L - FortLev	FortLev
78	Mangueira flexível, de borracha, com reforço têxtil. Tipo 1. Diâmetro 40 mm (1/2"). Pressão de trabalho 10	Zeus do Brasil

Fonte: Elaboração própria (2025).

Essa abordagem elimina o risco de omissões comuns em processos manuais, como trechos ocultos ou pequenas conexões distribuídas ao longo da rede, e permitiu ainda identificar inconsistências, como a presença de conexões sem correspondência no catálogo — elementos que foram modelados com famílias genéricas por falta de alternativas específicas.

4.3.1 Análise dos resultados extraídos

A extração dos quantitativos permitiu avaliar de forma objetiva a consistência do modelo e a adequação dos materiais empregados no sistema de prevenção e combate a incêndio. A distribuição dos diâmetros de tubulação confirma a hierarquia hidráulica prevista no dimensionamento: a predominância de tubos \varnothing 80 mm na coluna de incêndio, com comprimento total de 189,6 m, e \varnothing 65 mm nos ramais de alimentação e derivações principais, com comprimento total de 56,4 m. A presença de apenas 2,9 m de tubulação \varnothing 32 mm reforça que esse diâmetro está limitado a trechos pontuais, localizados no conjunto das bombas de reforço de ambas as torres.

O quantitativo elevado de conexões, especialmente tês de redução \varnothing 80 mm \times 65 mm (29 unidades) e curvas \varnothing 80 mm (18 unidades), demonstra que o traçado hidráulico foi compatibilizado de forma fiel com a geometria arquitetônica da edificação. A solução modelada respeita as transições necessárias entre barrilete, ramais e pontos de consumo, evidenciando coerência espacial e hidráulica no desenvolvimento do projeto.

A identificação de seis itens classificados como conexões sem correspondência no catálogo aponta para uma limitação do processo de modelagem, relacionada à falta de famílias específicas na biblioteca utilizada. Embora esses elementos representem geometricamente o diâmetro correto, sua ausência de correspondência comercial pode gerar inconsistências em etapas como orçamento e aquisição de materiais. Esse resultado destaca a importância da padronização e do enriquecimento contínuo das bibliotecas de componentes, especialmente em sistemas preventivos que exigem compatibilidade rigorosa de diâmetros e tipos de conexão. Diante dessa limitação, foram utilizadas famílias disponibilizadas por fornecedores, realizando a importação e substituição dos componentes no modelo para assegurar que as conexões utilizadas fossem compatíveis com os produtos disponíveis no mercado.

No conjunto de acessórios, o quantitativo de válvulas angulares para hidrante 45° Ø65 mm (40 unidades) e registros de gaveta distribuídos ao longo da rede confirma que o modelo segue as exigências normativas para operação e manutenção. A presença de válvulas automáticas de admissão e exaustão de ar demonstra atenção ao comportamento transitório do sistema, contribuindo para reduzir aprisionamento de ar e minimizar riscos de golpe de aríete — aspectos frequentemente negligenciados em modelagens simplificadas.

Os abrigos de hidrantes, mangueiras e demais componentes de combate apresentam quantidades compatíveis com o número de pontos atendidos pela rede, o que reforça a coerência entre o modelo arquitetônico e a cobertura do sistema preventivo. O número de abrigos de sobrepor e embutir está alinhado ao layout adotado, demonstrando aderência entre projeto arquitetônico e implantação do sistema de hidrantes.

De modo geral, a extração automática dos quantitativos mostrou que o modelo desenvolvido reproduz com precisão a solução projetada e fornece subsídios confiáveis tanto para análise técnica quanto para etapas posteriores, como orçamento, compatibilização e planejamento executivo. Ao mesmo tempo, expôs limitações decorrentes da disponibilidade de famílias na biblioteca utilizada e da necessidade de padronização. Essas restrições demonstram que, quando a modelagem não está alinhada com famílias completas e coerentes, as informações

extraídas podem ser comprometidas reforçando que a qualidade da modelagem é determinante para a qualidade dos dados extraídos.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso permitiu consolidar a aplicação prática dos requisitos normativos, dos procedimentos de cálculo e das ferramentas de modelagem necessários para o dimensionamento e a representação do Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) por hidrantes da edificação multifamiliar vertical de uso misto estudada. A partir da metodologia apresentada no capítulo 3, foi possível estruturar um processo completo que envolveu a elaboração da planilha de cálculo, a formalização das premissas no memorial descritivo, o desenvolvimento do projeto em ambiente BIM e, por fim, a extração dos quantitativos diretamente do modelo.

Os resultados obtidos evidenciam que o dimensionamento realizado atende às diretrizes das Instruções Normativas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2024) e das Normas Técnicas da ABNT aplicáveis ao tema. A planilha eletrônica de cálculo foi fundamental para organizar de forma sistemática as etapas de verificação de pressão, vazão, perdas de carga e velocidades, permitindo rastreabilidade e coerência entre os parâmetros utilizados. Além disso, o memorial descritivo cumpriu o papel de documentar, de maneira sequencial, todas as decisões técnicas adotadas, justificando as escolhas a partir das exigências normativas e dos condicionantes geométricos da edificação.

A modelagem do projeto no *software* Revit permitiu representar graficamente o sistema dimensionado e verificar a compatibilidade entre traçados, diâmetros e posicionamento dos componentes, sempre respeitando as diretrizes do CBMSC e as orientações da ABNT. O posicionamento dos abrigos de hidrante, dos hidrantes de recalque, da Reserva Técnica de Incêndio e do conjunto motobomba foi definido de forma a atender aos requisitos de segurança, acessibilidade e operação. O desenvolvimento do projeto em ambiente BIM também contribuiu para identificar ajustes, verificar interferências e garantir que o sistema representado estivesse de acordo com o que foi calculado.

A extração dos quantitativos diretamente do modelo tridimensional demonstrou coerência com o dimensionamento apresentado no memorial. Os valores obtidos confirmam a hierarquia de diâmetros e a necessidade de transições específicas ao longo da rede, além de evidenciar que o modelo está parametrizado

de forma adequada. A identificação de conexões sem correspondência no catálogo reforça a importância da padronização das bibliotecas de famílias, especialmente em sistemas de prevenção e combate a incêndio, que dependem de compatibilidade entre componentes para garantir precisão no orçamento e facilidade na etapa de aquisição.

Pode-se concluir então que o trabalho possibilitou desenvolver, justificar e representar um Sistema Hidráulico Preventivo por hidrantes completo e tecnicamente fundamentado, contemplando desde a definição das premissas normativas até a modelagem e quantificação dos materiais. A integração entre cálculo, memorial, projeto e quantitativo permitiu confirmar que o sistema proposto atende às exigências legais e operacionais, demonstrando a importância de uma abordagem organizada e coerente para projetos de segurança contra incêndio.

Como possibilidade de continuidade deste estudo, sugere-se a aplicação da mesma metodologia para o dimensionamento e desenvolvimento do Sistema Hidráulico Preventivo com Mangotinhos para a edificação analisada. A comparação entre os dois sistemas permitiria avaliar diferenças de desempenho, impacto no dimensionamento, variações nas perdas de carga, exigências de pressão, alterações nos quantitativos e eventuais vantagens operacionais. Esse estudo seria fundamental para ampliar a compreensão sobre a implementação de sistemas preventivos em edificações multifamiliares de uso misto, além de fornecer subsídios para futuras decisões de projeto em contextos semelhantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Guia BIM 01: O processo de projeto BIM**. Brasília, DF: ABDI, 2017. Disponível em: https://plataformabimbr.abdi.com.br/guias-normas/GUIA_BIM_01.pdf. Acesso em: 26 maio 2025.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Guia BIM 03: BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção**. Brasília, DF: ABDI, 2017. Disponível em: https://plataformabimbr.abdi.com.br/guias-normas/GUIA_BIM_01.pdf. Acesso em: 27 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13714:2000 – Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro, ABNT, 2000. 25p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14432:2001 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações: procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 2001. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16021:2011 – Válvula e acessórios para hidrante — Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT, 2011. 23 p.

AUTODESK. **Levels of Development (LOD) in BIM**. [S.l.]: Autodesk, 2025. Disponível em: <https://www.autodesk.com/solutions/bim-levels-of-development>. Acesso em: 2 jul. 2025

AUTODESK. **O que é a BIM | Modelagem de informação da construção**. [S.l.]: Autodesk, [2025]. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/solutions/bim>. Acesso em: 27 maio 2025.

BIMFORUM. **LOD Specification 2024 Part I – Official English**. BIMForum, 2024. Disponível em: <https://bimforum.org/wp-content/uploads/2024/11/LOD-Spec-2024-Part-I-official-English.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras: volume 1 – fundamentos BIM**. Brasília, DF: CBIC, 2016. 124 p. Disponível em: <https://www.cbic.org.br>. Acesso em: 29 jun. 2025.

CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Lei Complementar nº 739, de 4 de maio de 2023**. Altera a Lei Complementar nº 482, de 2014 (Plano Diretor de Florianópolis) e consolida seu processo de revisão. Diário Oficial do Município de Florianópolis, Florianópolis, SC, 4 maio 2023. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/f/florianopolis/lei-complementar/2023/74/739/lei-complementar-n-739-2023-altera-a-lei-complementar-n-482-de-2014-plano-diretor-de-florianopolis-e-consolida-seu-processo-de-revisao>. Acesso em: 19 maio 2025

CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Lei Complementar nº 482, de 17 de janeiro de 2014**. Institui o Plano Diretor de Urbanismo do Município de Florianópolis que dispõe sobre a política de desenvolvimento urbano, o plano de uso e ocupação, os instrumentos urbanísticos e o sistema de gestão. Disponível em: <https://redeplanejamento.pmf.sc.gov.br/pt-BR/legislacoes/lei-complementar-municipal-482-2014>. Acesso em: 27 maio 2025. Rede Planejamento+5ipuf.pmf.sc.gov.br+5Rede Planejamento+5

CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Lei Complementar nº 60, de 11 de maio de 2000 – Institui o Código de Obras e Edificações de Florianópolis e dá outras providências**. Florianópolis, 2000. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/f/florianopolis/lei-complementar/2000/6/60/lei-complementar-n-60-2000-institui-o-codigo-de-obras-e-edificacoes-de-florianopolis-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 25 maio 2025.

CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Lei Complementar nº 739, de 04 de Maio de 2023**. Altera a Lei Complementar Nº 482, de 2014 (Plano Diretor de Florianópolis) e consolida seu processo de revisão. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/f/florianopolis/lei-complementar/2023/73/739/lei-complementar-n-739-2023-altera-a-lei-complementar-n-482-de-2014-plano-diretor-de-florianopolis-e-consolida-seu-processo-de-revisao>. Acesso em: 10 junho 2025.

CARLUC PROJETOS. **Quantitativo de materiais: o que é e como fazer o levantamento?**. CarLuc, 2022. Disponível em: <https://carluc.com.br/projeto-executivo/quantitativo-de-materiais/>. Acesso em: 9 jul. 2025.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **IN 1 – Parte 1: Procedimentos Administrativos: Processos Gerais de Segurança Contra Incêndio e Pânico**. Florianópolis: CBMSC, 2024a. 56 p.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **IN 1 – Parte 2: Conceitos e critérios técnicos**. Florianópolis: CBMSC, 2024b. 47 p.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **IN 3: Carga de Incêndio**. Florianópolis: CBMSC, 2024c. 16 p.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **IN 7: Sistema hidráulico preventivo - SHP**. Florianópolis: CBMSC, 2024e. 23 p.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **IN 7: Sistema hidráulico preventivo - SHP**. Florianópolis: CBMSC, 2022f. 27 p.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Parecer Técnico CCB-019/800/21 – Procedimentos para regularização de ocupação mista**. São Paulo: CBPMESP, 2021. Disponível em: <https://guiasegci.com.br/legislacoes/parecer-tecnico-ccb-019-800-21-procedimentos-para-regularizacao-de-ocupacao-mista/>. Acesso em: 25 maio 2025.

CRISPIM, Calvin Mariano Rêgo; CRISPIM, Honório Assis Filho; CIRINO, Ariadny Rodrigues. PROJETO DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO REALIZADO EM SOFTWARES COM TECNOLOGIA BIM. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 8, p. 60647-60668, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n8-472>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/15370/12666>. Acesso em: 13 maio 2025.

EASTMAN, Chuck. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

HYDROSYSTEM. **Catálogo de Bombas e Pressurizadores – Linha TP-IN Predial**. Florianópolis: Hydrosystem Bombas, 2024. Disponível em: https://www.hydrosystembr.com/_files/ugd/ddea6e_7575fac7728e4dc8b0fb19816da87695.pdf. Acesso em: 21 nov. 2025.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS – IPUF. **Lei Complementar nº 482/2014 – Institui o Plano Diretor de Urbanismo do Município de Florianópolis**. Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://ipuf.pmf.sc.gov.br/plano-diretor/#:~:text=FLORIAN%C3%93POLIS-,Lei%20Complementar%20n%C2%BA482/2014,e%20o%20Sistema%20de%20Gest%C3%A3o>. Acesso em: 25 maio 2025.

KOMEKO. **Catálogo de Bombas e Pressurizadores Komeco**. Disponível em: <https://www.komeco.com.br/catalogos/catalogo-bombas-pressurizadores-komeco-web.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2025.

NEGRISOLO, Walter. **Fundamentos de segurança contra incêndio em edificações**: proteção passiva e ativa. São Paulo: Firek Educação; Fundabom, 2019. Disponível em: <https://www.anapci.cl/wp-content/uploads/2020/04/Livro-Digital-FSCIE-PPA.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2025.

NETTO, José M. de Azevedo. **Perdas de carga em canalizações**. *Revista DAE*, São Paulo, v. 25, n. 1000, p. 32–36, out./dez. 1975. Disponível em: https://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_25_n_1000.pdf. Acesso em: 8 jul. 2025.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; GONÇALVES, Orestes M.; GUIMARÃES, Áderson Pereira. Sistemas de Combate à Incêndio com Água. In: SEITO, Alexandre liu et al. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 1-484.

PICCOLI, Mariana Mendes. **ELABORAÇÃO DE TEMPLATE REVIT PARA APROVAÇÃO DE PROJETOS DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO NO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA**: Edificações de Ocupação Residencial Multifamiliar Vertical. 2022. 200 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Tabela de comprimentos equivalentes em conexões: manual técnico**. Schneider, 2021. Disponível em: <https://www.gmfmontagens.com.br/assets/content/downloads/38e4b7f1b86d55dfd19c9421422a4d64.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2025.

THÓRUS ENGENHARIA. **Extração de quantitativos de materiais utilizando BIM**. São Paulo, 04 dez. 2020. Disponível em: <https://thorusengenharia.com.br/extracao-de-quantitativos-de-materiais-utilizando-bim/>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ULLAH, Kaleem; LILL, Irene; WITT, Emlyn. **An Overview of BIM Adoption in the Construction Industry: benefits and barriers**. Emerald Reach Proceedings Series, [S.L.], p. 297-303, 1 maio 2019. Emerald Publishing Limited. <http://dx.doi.org/10.1108/s2516-285320190000002052>.

WORLD OF BIM. **Understanding LOD**. World of BIM, 14 fev. 2020. Disponível em: <https://www.worldofbim.com/news/understanding-lod/>. Acesso em: 29 jun. 2025.

APÊNDICE A

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MANUELLA BASTOS MACHADO

**MEMORIAL DESCRITIVO DE CÁLCULO - SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO DE
INCÊNDIO DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR VERTICAL DE USO MISTO**

FLORIANÓPOLIS, 2025.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MANUELLA BASTOS MACHADO

**MEMORIAL DESCRITIVO DE CÁLCULO - SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO DE
INCÊNDIO DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR VERTICAL DE USO MISTO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador:
Prof. Ana Paula Pupo Correia, Dra.

FLORIANÓPOLIS, 2025

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Corte esquemático da edificação	9
Figura 2 – Planta baixa do pavimento tipo (Torre A)	10
Figura 3 - Planta baixa pavimento tipo (Torre B)	11
Figura 4 - Tipos de Sistemas	16
Figura 5 - Pictograma Indicativo de Mangueira	19
Figura 6 - Ponto de Tomada D'Água.....	19
Figura 7 - Hidrante de Recalque Torre A.....	21
Figura 8 - Hidrante de Recalque Torre B.....	21
Figura 9 - Esquema Vertical Torre A	23
Figura 10 - Esquema Vertical Torre B	24
Figura 11 - Fluxograma do Dimensionamento	26
Figura 12 - Isométrico Torre A.....	35
Figura 13 - Desnível Trecho Rs-A (Torre A).....	37
Figura 14 - Pé Direito Torre A.....	38
Figura 15 - Bomba de Reforço Torre A	38
Figura 16 – Características Bomba de Reforço Torre A.....	39
Figura 17 - Esquema Vertical Hidrantes mais Favoráveis (Torre A).....	40
Figura 18 - Isométrico Torre B.....	49
Figura 19 - Desnível Trecho Rs-A (Torre B).....	51
Figura 20 - Pé Direito Torre B.....	52
Figura 21 - Bomba de Reforço Torre B	53
Figura 22 – Características Bomba de Reforço Torre B.....	53
Figura 23 - Esquema Vertical Hidrantes mais Favoráveis (Torre B).....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das ocupações	13
Quadro 2 - Cargas de incêndio específicas por ocupação	14
Quadro 3 – Imóveis da divisão A com área $\geq 750\text{m}^2$ ou altura $\geq 12\text{m}$	15
Quadro 4 - Tipos de Mangueiras	17
Quadro 5 - Linhas de Mangueiras para Hidrante.....	18
Quadro 6 - Volume mínimo da RTI.....	25
Quadro 7 - Fator de Vazão no Esguicho	27
Quadro 8 - Comprimentos Equivalentes.....	29
Quadro 9 - Coeficientes de Singularidade.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Hidrantes por Pavimento.....	20
Tabela 2 - Comprimentos Torre A.....	36
Tabela 4 - Comprimentos Torre B.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBMSC	Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
IN	Instrução Normativa
PPCI	Projeto Preventivo Contra Incêndio
RTI	Reserva Técnica de Incêndio
SHP	Sistema Hidráulico Preventivo

SUMÁRIO

1	DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO.....	9
2	INSTRUÇÕES NORMATIVAS E NORMAS TÉCNICAS.....	11
3	CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO.....	13
3.1	Ocupação da edificação.....	13
3.2	Classificação de risco.....	14
3.3	Medidas de segurança contra incêndio.....	15
4	SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO.....	16
4.1	Mangueiras.....	17
4.2	Hidrantes.....	19
4.3	Hidrante de recalque.....	20
4.4	Esquema vertical.....	22
4.5	Reserva técnica de incêndio (RTI) e reservatórios.....	25
5	DIMENSIONAMENTO.....	26
5.1	Dimensionamento Torre A.....	27
5.1.1	Pressão mínima no hidrante mais desfavorável.....	27
5.1.2	Verificação do diâmetro do ramal.....	27
5.1.3	Perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável.....	28
5.1.3.1	<i>Perda de carga no segmento de canalização.....</i>	<i>28</i>
5.1.3.2	<i>Perda de carga na válvula angular.....</i>	<i>30</i>
5.1.3.3	<i>Perda de carga na mangueira do hidrante.....</i>	<i>31</i>
5.1.3.4	<i>Perda de carga no esguicho.....</i>	<i>32</i>
5.1.4	Pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio.....	32
5.1.5	Determinação do coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio.....	33
5.1.6	Determinação da pressão no segundo hidrante mais desfavorável (H2).....	33
5.1.7	Determinação da vazão no hidrante H2.....	34
5.1.8	Determinação da perda de carga no trecho Rs-A.....	34
5.1.9	Determinação da altura mínima do reservatório superior.....	36
5.1.10	Determinação da altura manométrica total e seleção da bomba de reforço....	37
5.1.11	Determinação da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis.....	39
5.1.11.1	<i>Determinação da vazão hidrante mais favorável (Hx).....</i>	<i>41</i>

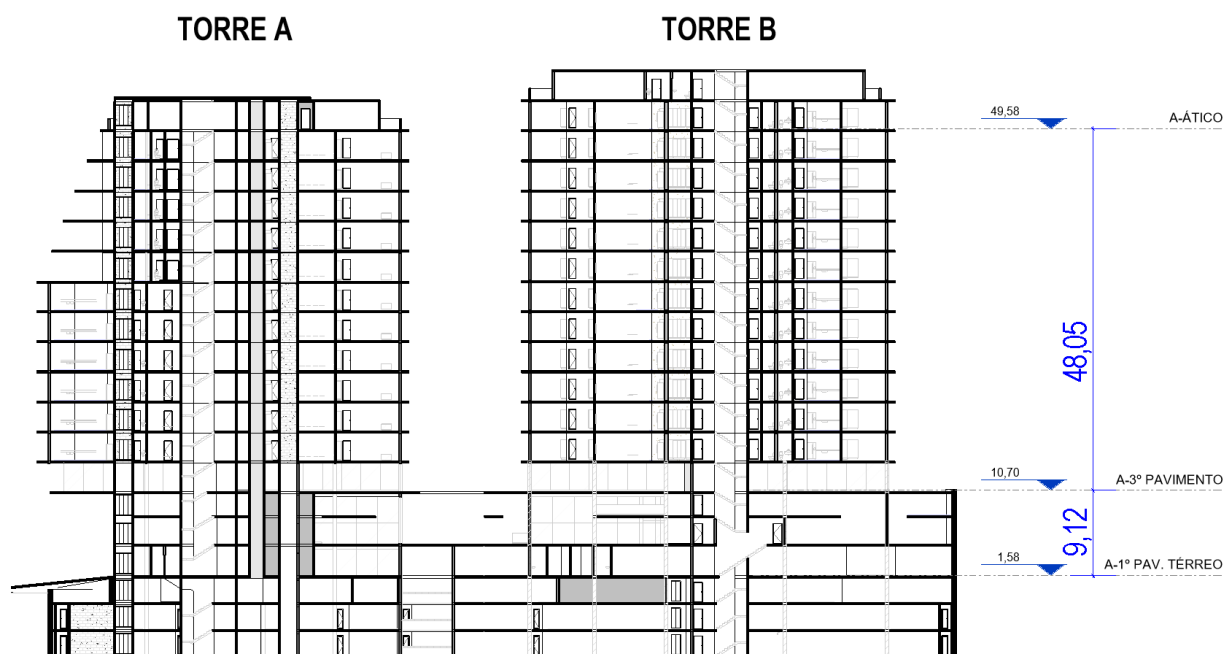
5.1.11.2	<i>Determinação da vazão hidrante mais favorável (HY)</i>	42
5.1.11.3	<i>Verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio</i>	43
5.2	Dimensionamento Torre B	43
5.2.1	Pressão mínima no hidrante mais desfavorável	43
5.2.2	Verificação do diâmetro do ramal	44
5.2.3	Perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável	44
5.2.3.1	<i>Perda de carga no segmento de canalização</i>	44
5.2.3.2	<i>Perda de carga na válvula angular</i>	45
5.2.3.3	<i>Perda de carga na mangueira do hidrante</i>	45
5.2.3.4	<i>Perda de carga no esguicho</i>	46
5.2.4	Pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio	46
5.2.5	Determinação do coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio	47
5.2.6	Determinação da pressão no segundo hidrante mais desfavorável (H2)	47
5.2.7	Determinação da vazão no hidrante H2	48
5.2.8	Determinação da perda de carga no trecho Rs-A	48
5.2.9	Determinação da altura mínima do reservatório superior	50
5.2.10	Determinação da altura manométrica total e seleção da bomba de reforço	52
5.2.11	Determinação da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis	53
5.2.11.1	<i>Determinação da vazão hidrante mais favorável (Hx)</i>	55
5.2.11.2	<i>Determinação da vazão hidrante mais favorável (HY)</i>	56
5.2.11.3	<i>Verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio</i>	57
6	RECOMENDAÇÕES GERAIS	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

1 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação utilizada para demonstrar a aplicação do Sistema Hidráulico Preventivo possui 43.347,81 m² de área construída e está localizada no município de Florianópolis, Santa Catarina. Por esse motivo, está sujeita a atender os critérios estabelecidos pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, além das diretrizes estabelecidas pelas Normas Brasileiras Regulamentadoras que estão apresentadas nesse trabalho.

Essa edificação está organizada em 2 torres, divididas em 20 pavimentos, que contemplam: 04 subsolos unificados; 01 pavimento térreo unificado; 01 pavimento mezanino unificado; 01 pavimento comercial unificado; 12 pavimentos tipo; e 01 pavimento de cobertura onde se encontra a área de lazer. A organização dos níveis da edificação está exemplificada de acordo com a Figura 1.

Figura 1 - Corte esquemático da edificação



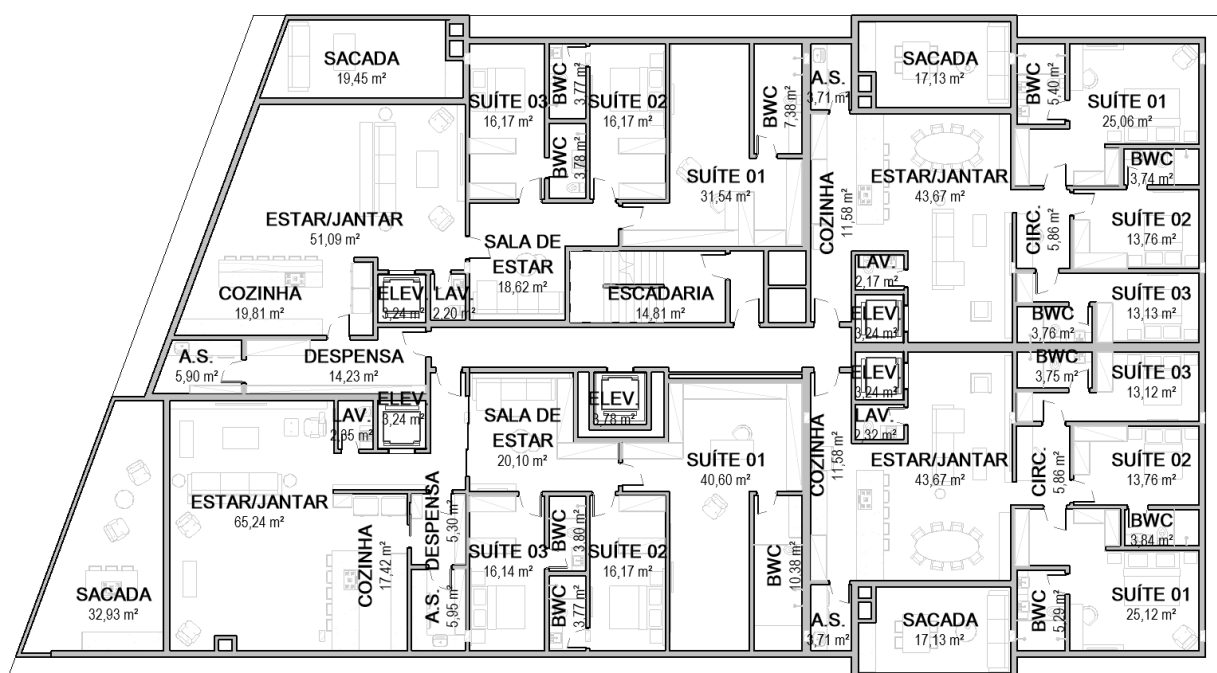
Fonte: Adaptado do acervo da construtora (2023).

De acordo com a IN 01 – Parte 2 (CBMSC, 2024b) a edificação se enquadra em uma altura igual ou superior a 30 m, por possuir 48 m de acordo com o corte

esquemático apresentado na Figura 1 e, ainda, área superior a 750 m², pois possui uma área total construída de 43.347,81 m².

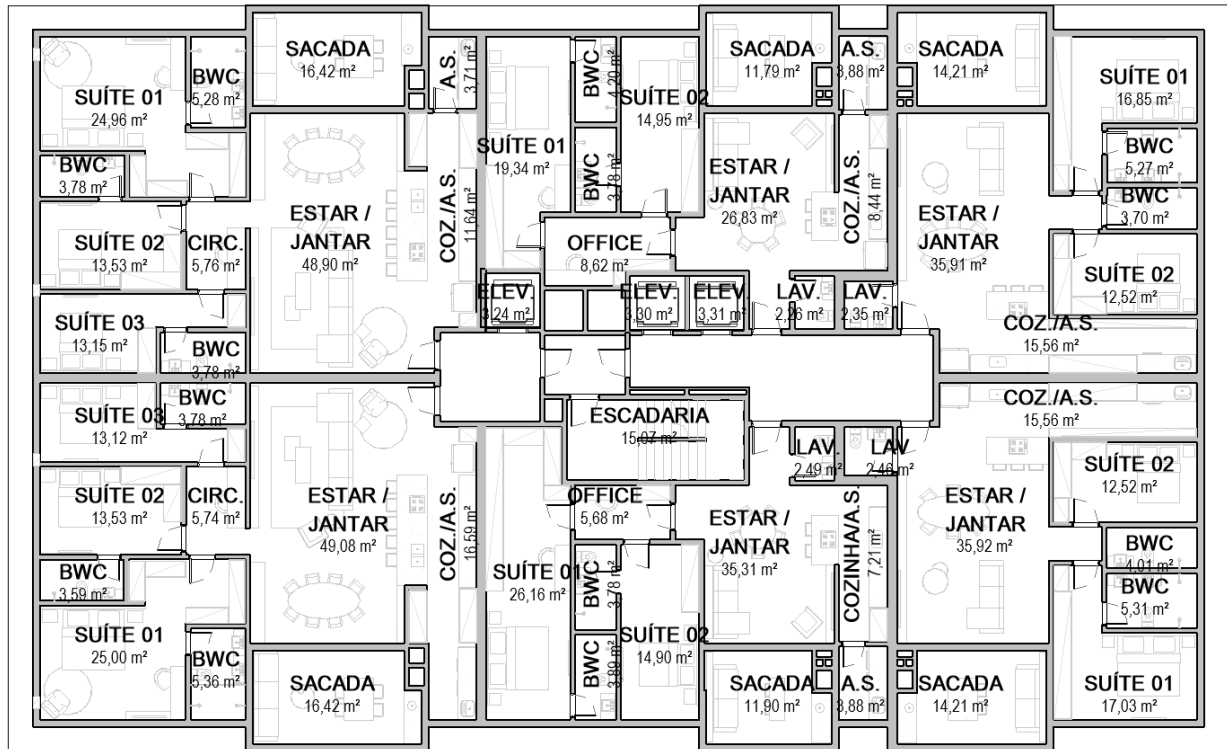
Os pavimentos tipo da edificação são compostos por 02 unidades residenciais autônomas, conforme podem ser visualizadas nas Figuras 2 e 3. Além disso, de acordo com a IN 01 – Parte 1 de Santa Catarina, o empreendimento está enquadrado como classe de risco III. Portanto, o Projeto Preventivo de Incêndio deverá ser submetido à aprovação pelo órgão regulamentador (CBMSC, 2024a).

Figura 2 – Planta baixa do pavimento tipo (Torre A)



Fonte: Adaptado do acervo da construtora (2023).

Figura 3 - Planta baixa pavimento tipo (Torre B)



Fonte: Adaptado do acervo da construtora (2023).

2 INSTRUÇÕES NORMATIVAS E NORMAS TÉCNICAS

O dimensionamento do projeto do Sistema Hidráulico Preventivo foi elaborado de forma a atender os requisitos das Instruções Normativas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) e Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, discriminadas na sequência:

- a) IN 01 - Parte 1 - Procedimentos administrativos (Tramitação);
- b) IN 01 - Parte 2 – Sistemas e medidas de SCI;
- c) IN 03 - Carga de incêndio;
- d) IN 07 - Sistema hidráulico preventivo;
- e) ABNT NBR 16021:2011 - Válvula e acessórios para hidrante — Requisitos e métodos de ensaio;
- f) ABNT NBR 16870:2020 - Abrigos para mangueiras de incêndio e acessórios — Requisitos e métodos de ensaio;

- g) ABNT NBR 13714:2000 - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.

3 CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

3.1 Ocupação da edificação

Em relação à ocupação, de acordo com a IN 01 – Parte 1 do CBMSC (2024a), a edificação enquadra-se em ocupação A-2, residencial multifamiliar vertical, e os pavimentos comerciais, que vão do pavimento térreo até o primeiro pavimento, enquadram-se em C-1, comercial com baixa carga de incêndio (Quadro 2). Além disso, a edificação está enquadrada em altura superior a 30m, conforme pode ser visualizado no corte da Figura 12 e área superior a 750m².

Quadro 1 - Classificação das ocupações

Grupo	Ocupação	Divisão	Descrição	Destinação
A	Residencial	A-1	Multifamiliar horizontal e unifamiliar	Condomínios horizontais, casas geminadas/conjugadas e residências unifamiliares mistas
		A-2	Multifamiliar vertical	Edifícios de apartamentos em geral
		A-3	Coletiva	Pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos. Capacidade máxima de 16 leitos
C	Comercial	C-1	Comércio com baixa carga de incêndio	Açougue, artigos de metal ou vidro, bijuterias, louças, artigos hospitalares, eletrodomésticos, verdureiras, floricultura, automóveis, bebidas fermentadas (vinhos, cervejas) outros
		C-2	Comércio com média, alta ou altíssima carga de incêndio	Edifícios de lojas de departamentos, magazines, armarinhos, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados, bebidas destiladas, brinquedos, calçados, drogarias, artigos em couro, artigos esportivos, livrarias, têxteis, móveis e outros
		C-3	Shopping centers	Centro de compras em geral (shopping centers)

Fonte: Adaptado de CBMSC (2024a).

3.2 Classificação de risco

No que diz respeito ao risco em que a edificação se enquadra, de acordo com a IN 03 do CBMSC (2024c), edificações do tipo A-2 possuem carga de incêndio específica de 300 MJ/m² e, ainda, por se tratar de uma edificação com comércio, edificações do tipo C-1 possuem carga de incêndio específica máxima de 300 MJ/m², conforme pode ser visto no Quadro 2. Portanto, a edificação estudada se enquadra em classificação de risco baixo, pois sua carga de incêndio está entre 100 MJ/m² e 300 MJ/m², ainda de acordo com a IN 03.

Quadro 2 - Cargas de incêndio específicas por ocupação

Grupo	Divisão	Destinação	Carga de incêndio específica (MJ/m ²)
A	A-1	Todas	300
	A-2	Todas	300
	A-3	Todas	300
C	C-1	Açougue	40
		Aparelhos eletrodomésticos	300
		Armas	300
		Artigos de bijouteria, metal ou vidro	300
		Automóveis	200
		Bicicletas e triciclos; peças e acessórios	200
		Cal, areia, pedra britada, tijolos e telhas	40
		Ferragens e ferramentas	300
		Floricultura	80
		Galeria de quadros	200
		Hortifrutigranjeiro	200
		Joalheria	300
		Máquinas de costura ou de escritório	300
		Fotográficos e filmagem	300
		Óptica	300
		Suvenires e artesanatos	200
		Verduras frescas	200
Vidros	300		
Vinhos, cervejas e bebidas fermentadas	200		

Fonte: Adaptado de CBMSC (2024c).

Essas definições, junto com as demais diretrizes das Instruções Normativas, serão utilizadas para o dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo da edificação e do memorial de cálculo que será apresentado, além dos requisitos prescritos na NBR

13714 (2020) em relação aos sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.

3.3 Medidas de segurança contra incêndio

A IN 01 do CBMSC (2024) traz as diretrizes de segurança contra incêndio que devem ser adotadas em relação à altura em que o empreendimento se enquadra. Conforme foi demonstrado na Figura 1, a edificação estudada possui altura de 48,05 m, considerando o último pavimento habitado até o pavimento de descarga, que se refere ao pavimento térreo. Sendo assim, o empreendimento se encaixa no Grupo A, por possuir área superior a 750 m² e altura maior que 12 m e, dentro do Grupo A, pode ser classificado como altura superior a 30 m, conforme pode ser visualizado no Quadro 3.

Quadro 3 – Imóveis da divisão A com área ≥ 750m² ou altura ≥ 12m

Grupo A - Residencial						
A-2, A-3						
SMSCI	IN	Classificação quanto à altura (em metros)				
		Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 15	15 < H ≤ 30	> 30
Acesso de viaturas na edificação	IN 35	x	x	x	x	x
Alarme de incêndio	IN 12	x	x	x	x	x
Brigada de incêndio	IN 28	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹
Chuveiros automáticos	IN 15	-	-	-	-	x ²
Compartimentação horizontal ou de área	IN 14	-	-	-	-	x ³
Compartimentação vertical	IN 14	-	-	-	x ⁴	x ⁹⁻¹⁰
Controle de fumaça	IN 10	-	-	-	-	x ¹⁷
Controle de materiais de acabamento	IN 18	-	-	x ¹⁵⁻¹⁶	x ¹⁶	x ¹⁶
Detecção automática de incêndio	IN 12	-	-	-	-	x ⁵
Elevador de emergência	IN 9	-	-	-	-	x ⁶
Extintores (V)	IN 6	x	x	x	x	x
Gás combustível	IN 8	x	x	x	x	x
Hidráulico preventivo	IN 7	x	x	x	x	x
Iluminação de emergência (V)	IN 11	x	x	x	x	x
Instalação elétrica de baixa tensão	IN 19	x	x	x	x	x
Plano de emergência	IN 31	-	-	-	x ⁷	x ⁸
Proteção estrutural (TRRF)	IN 14	x	x	x	x	x
Saídas de emergência	IN 9	x	x	x	x	x
Sinalização para abandono de local (V)	IN 13	x	x	x	x	x

Fonte: Adaptado de CBMSC (2024).

4 SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO

O Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) é composto por hidrantes ou por mangotinhos. A IN 07 do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2024) determina que a definição do tipo de SHP seja feita em função da classificação da carga de incêndio da edificação, conforme especificado na Figura 4.

Figura 4 - Tipos de Sistemas

Tipo	Característica	Carga de Incêndio [MJ/m ²]	Diâmetro da mangueira	Nº de saídas	Tipo de esguicho	Vazão mínima no esguicho*	Nr Hidrantes ou mangotinhos (Nr saídas simultâneas)			
I	Hidrante	≤ 1.200	40 mm (1½")	Simples	Regulável ou Agulheta (Ø requinte = ½")	70 l/min	1 (1)	2-3-4 (2)	5-6 (3)	>6 (4)
II	Mangotinho	≤ 1.200	25 mm (1") ou 32 mm (1¼")	Simples	Regulável	80 ou 100 l/min ¹	1 (1)	2-3-4 (2)	5-6 (3)	>6 (4)
III	Hidrante	> 1.200	40 mm (1½")	Dupla	Regulável	300 l/min	1 (2)	2-3-4 (2)	5-6 (2)	>6 (2)

Adota-se: 1 MPa = 10 bar = 10 kgf/cm² = 100 mca = 145 psi
 1 - De acordo com o diâmetro da mangueira utilizada: 25 mm = 80 l/min; 32 mm = 100 l/min.

Fonte: CBMSC (2024).

A carga de incêndio da edificação se enquadra como inferior a 1.200 MJ/m² e, por isso, de acordo com o Quadro 4, será considerado no projeto esguicho do tipo agulheta com vazão mínima de 70 l/min e o diâmetro da mangueira de incêndio de 40mm.

Além disso, a Instrução Normativa 07 (2024) define outras exigências relacionadas às tubulações, conexões e válvulas, onde tem-se:

- I – Tubulação deverá ser metálica com diâmetro mínimo de 65 mm (2½");
- II – Quando aparentes devem ser pintadas na cor vermelha;
- III – Independentemente do tipo de material, a resistência mínima de todos os componentes do SHP, exceto as mangueiras, deve ser 150 mca (15 kgf/cm²) (CBMSC, 2024, p.4).

Nas seções posteriores serão apresentados os demais componentes do Sistema Hidráulico Preventivo dimensionado para a edificação.

4.1 Mangueiras

De acordo com a IN 07 do CBMSC (2024) os hidrantes devem ter mangueira do tipo flexível, com junta de união tipo rosca x *storz*, composta por lances e escolhida em função do seu local de uso e condição de aplicação. No projeto serão utilizadas mangueiras do tipo 1, com diâmetro de 40 mm (2½”), pressão de trabalho de 100 mca e lances de 25 metros, conforme indicado nos Quadros 4 e 5.

Quadro 4 - Tipos de Mangueiras

Mangueira	Aplicação	Diâmetro	Pressão de trabalho	Descrição
Tipo 1	Destina-se a edifícios de ocupação residencial.	40 mm (1½")	100 mca	Mangueira flexível, de borracha, com um reforço têxtil.
Tipo 2	Destina-se a edifícios comerciais ou industriais.	40 mm (1½")	140 mca	Mangueira flexível, de borracha, com um reforço têxtil.
Tipo 3	Destina-se à área naval ou industrial.	40 mm (1½")	150 mca	Mangueira flexível, de borracha, com reforços têxteis duplos sobrepostos.
Tipo 4	Destina-se à área industrial, onde é desejável uma maior resistência à abrasão.	40 mm (1½")	140 mca	Mangueira flexível, de borracha, com um reforço têxtil, acrescida de um revestimento externo de PVC + borracha.
Tipo 5	Destina-se à área industrial, onde é desejável uma alta resistência à abrasão e a superfícies quentes.	40 mm (1½")	140 mca	Mangueira flexível, de borracha, com um reforço têxtil, acrescida de um revestimento externo de borracha.
Tipo 6	Destina-se às edificações que utilizam mangotinhos.	25 mm (1")	140 mca	Mangueira semirrígida, de borracha, com um reforço têxtil.

Adota-se: 1 MPa = 10 bar = 10 kgf/cm² = 100 mca = 145 psi

Fonte: CBMSC (2024).

Quadro 5 - Linhas de Mangueiras para Hidrante

Comprimento máximo da linha de mangueiras	Lances de mangueiras	Aplicação
Até 25 m	Lance único de 15, 20 ou 25 m	Em qualquer situação.
30 m	15 + 15 m	
35 m	15 + 20 m	Apenas se: a) a instalação do hidrante for externa à edificação; ou b) o hidrante do pavimento térreo atender a salas comerciais com saída para o logradouro; ou c) o hidrante do pavimento térreo atender área em pilotis; ou d) em edificações do grupo A2, somente nos pavimentos tipo com hall/corredor de área máxima 12 m ² .
40 m	20 + 20 m	
45 m	15 + 15 + 15 m	
50 m	15 + 15 + 20 m	
55 m	15 + 20 + 20 m	
60 m	20 + 20 + 20 m	
60 m	15 + 15 + 15 + 15 m	

Fonte: CBMSC (2024).

Ainda em relação às mangueiras, deve-se atentar ainda para a forma de acondicionamento das mangueiras dentro dos abrigos de hidrantes, de acordo com a IN 07 (2024).

A linha de mangueira, quando em lance único, deverá ser acondicionada dentro de abrigos, em zigue-zague ou aduchadas, conectada ao hidrante e ao esguicho, permitindo sua utilização com facilidade e rapidez. No interior do abrigo de mangueira também devem ser acondicionados a chave de mangueira, o esguicho e o hidrante, devendo ter dimensões adequadas para permitir o manuseio destes componentes (CBMSC, 2024).

Em relação ao abrigo de mangueiras, as diretrizes da IN 07 (2024) direcionam para que sejam de fácil abertura, sem trancas ou cadeados, devem possuir abertura para ventilação e permitir retirada rápida das mangueiras para uso. As portas dos abrigos serão em material metálico, na cor vermelha, sinalizadas com a inscrição “INCÊNDIO” e com pictograma indicativo conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 - Pictograma Indicativo de Mangueira

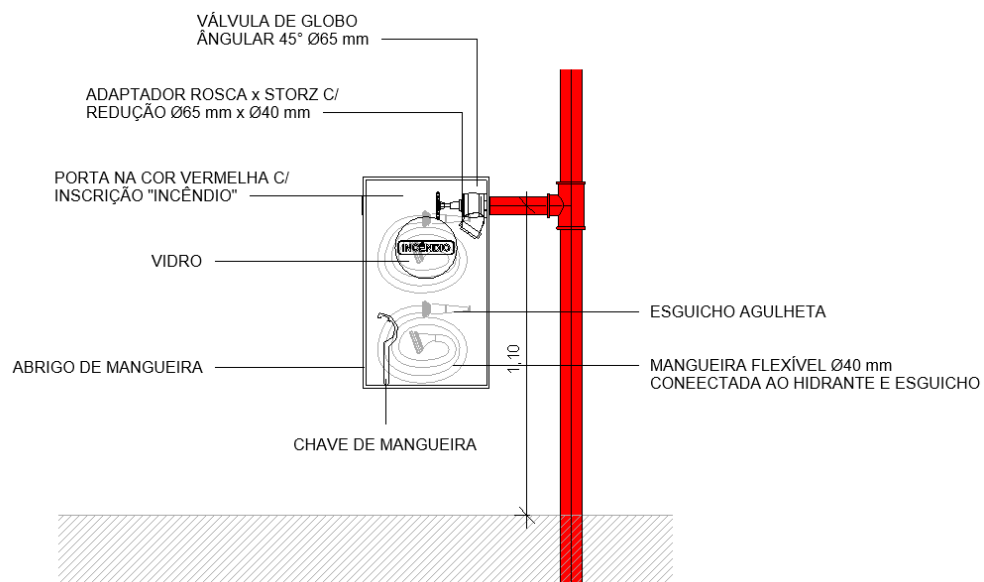


Fonte: CBMSC (2024).

4.2 Hidrantes

Os hidrantes foram posicionados no projeto com centro geométrico da tomada d'água na cota de 110 cm, conforme Figura 6, com adaptador rosca x *storz* de 40 mm (1½") e válvula de abertura do tipo angular com diâmetro mínimo de 65 mm (2½"). Além disso, foram alocados nas áreas de circulação da edificação, possuindo boa visibilidade, com fácil acesso de forma que não fiquem bloqueados em caso de incêndio, de acordo com a Instrução Normativa 07 (2024).

Figura 6 - Ponto de Tomada D'Água



Fonte: Elaboração própria (2025).

Para os hidrantes localizados nas garagens da edificação, foi indicada a sinalização no piso com pintura de um quadrado com 100 cm de lado na cor vermelha e com as bordas pintadas em amarelo, com 10 cm (CBMSC, 2024).

A quantidade de hidrantes da edificação, que pode ser visualizada na Tabela 1, foi determinada pela cobertura proporcionada pelas mangueiras, de modo que qualquer ponto da área a ser protegida seja alcançado pelo esguicho, considerando-se o comprimento da mangueira e seu trajeto real, desconsiderando-se o alcance do jato d'água, sendo obrigatória a instalação de no mínimo um hidrante por pavimento, de acordo com a IN 07 do CBMSC (2024).

Tabela 1 - Hidrantes por Pavimento

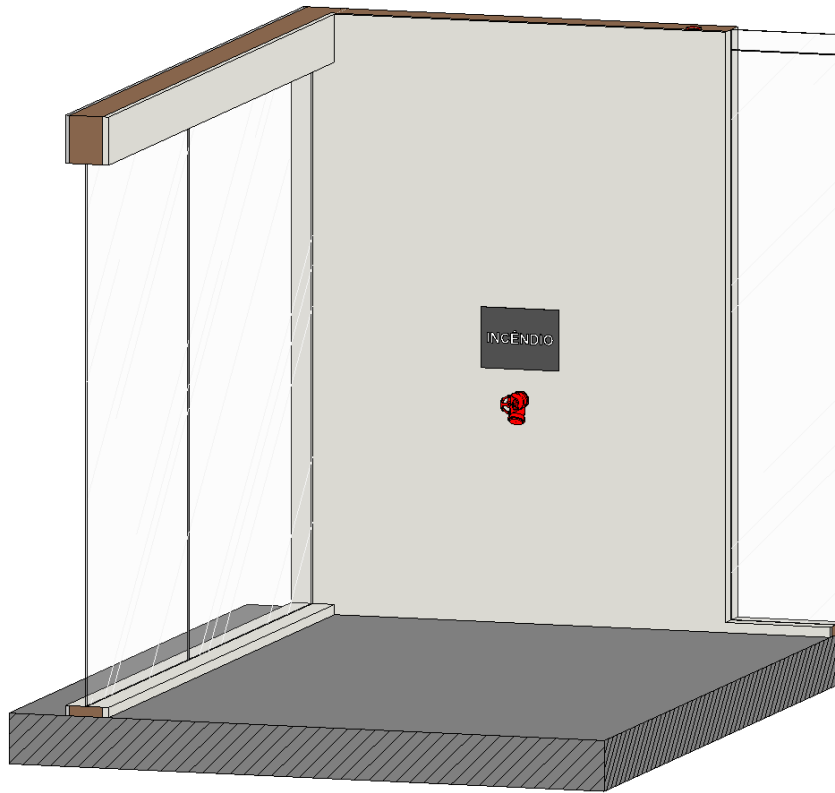
Nível	Ambiente	Quantidade
Subsolo 3 Torre A / Subsolo 4 Torre B	Garagem	2
Subsolo 2 Torre A / Subsolo 3 Torre B	Garagem	2
Subsolo 1 Torre A / Subsolo 2 Torre B	Garagem	2
Térreo Torre A / Subsolo 1 Torre B	Circulação / Garagem	2
2º Pavimento Torre A / Térreo Torre B	Circulação	2
Mezanino	Circulação	2
3º Pavimento Torre A / 2º Pavimento Torre B	Circulação	2
Pavimento Tipo Torre A (x11)	Circulação	1
		11
Pavimento Tipo Torre B (x12)	Circulação	1
		12
Ático Torre A	Circulação	1
Ático Torre B	Circulação	1
	TOTAL	39

Fonte: Elaboração própria (2025).

4.3 Hidrante de recalque

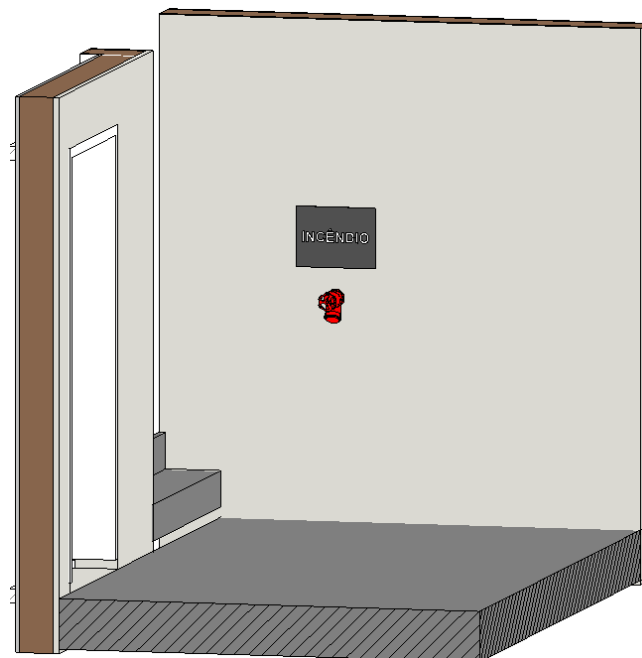
O Sistema Hidráulico Preventivo terá dois hidrantes de recalque do tipo coluna, embutidos nas paredes da edificação, localizados próximo ao hall de entrada da edificação, sendo cada um deles abastecidos pelos reservatórios superiores das Torres A e B, conforme pode ser visualizado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 - Hidrante de Recalque Torre A



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 8 - Hidrante de Recalque Torre B



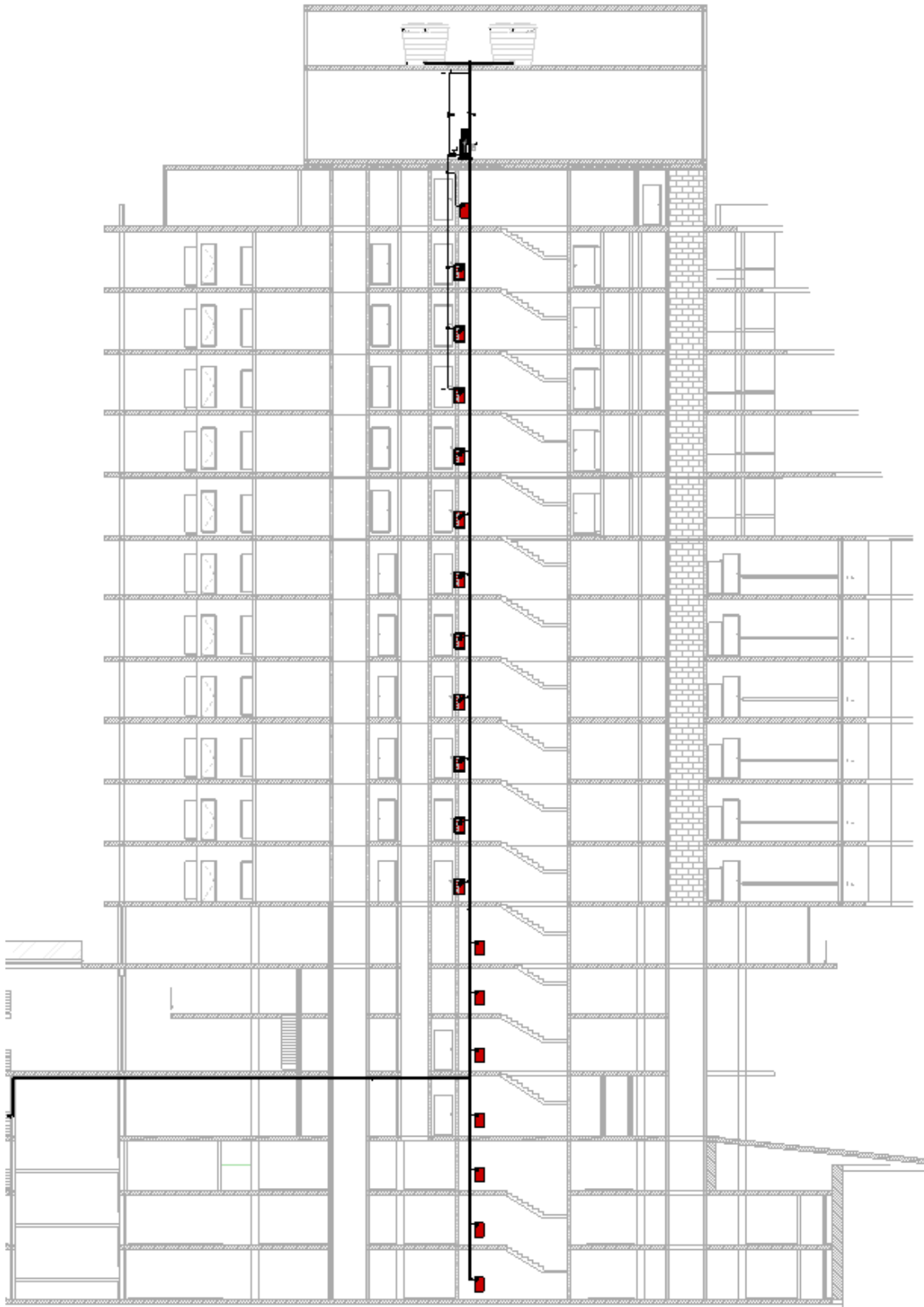
Fonte: Elaboração própria (2025).

Aliado a isso, os componentes do hidrante de recalque atendem às diretrizes da IN 07 do CBMSC (2024) e incluem válvula globo angular para abertura, com adaptador rosa x *storz* soldado à válvula, com saída de 65 mm (2½”) para mangueira, engate para mangueira voltada para baixo em ângulo de 45° e centro geométrico da tomada d’água com cota de 110 cm.

4.4 Esquema vertical

A partir disso, foi feito o lançamento do projeto no software Autodesk Revit (2025) e, nas Figuras x e y pode-se visualizar o esquema vertical das Torres A e B, respectivamente.

Figura 9 - Esquema Vertical Torre A



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 10 - Esquema Vertical Torre B



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.5 Reserva técnica de incêndio (RTI) e reservatórios

O volume de água da RTI foi definido em função da carga de incêndio e da área total do imóvel, de acordo com a diretriz contida na IN 07 do CBMSC (2024), conforme representado no Quadro 6.

Quadro 6 - Volume mínimo da RTI

Carga de Incêndio	Área ≤ 2.500m ²	2.500m ² < Área ≤ 5.000m ²	5.000m ² < Área ≤ 10.000m ²	10.000m ² < Área ≤ 25.000m ²	25.000m ² < Área ≤ 50.000m ²	Área > 50.000m ²
≤ 1.200 MJ/m ²	5 m ³	10 m ³	15 m ³	20 m ³	25 m ³	30 m ³
1.201 ≤ 2.400 MJ/m ²	18 m ³	36 m ³	54 m ³	72 m ³	90 m ³	108 m ³
> 2.400 MJ/m ²	36 m ³	72 m ³	108 m ³	144 m ³	180 m ³	216 m ³

Fonte: Elaboração própria (2025).

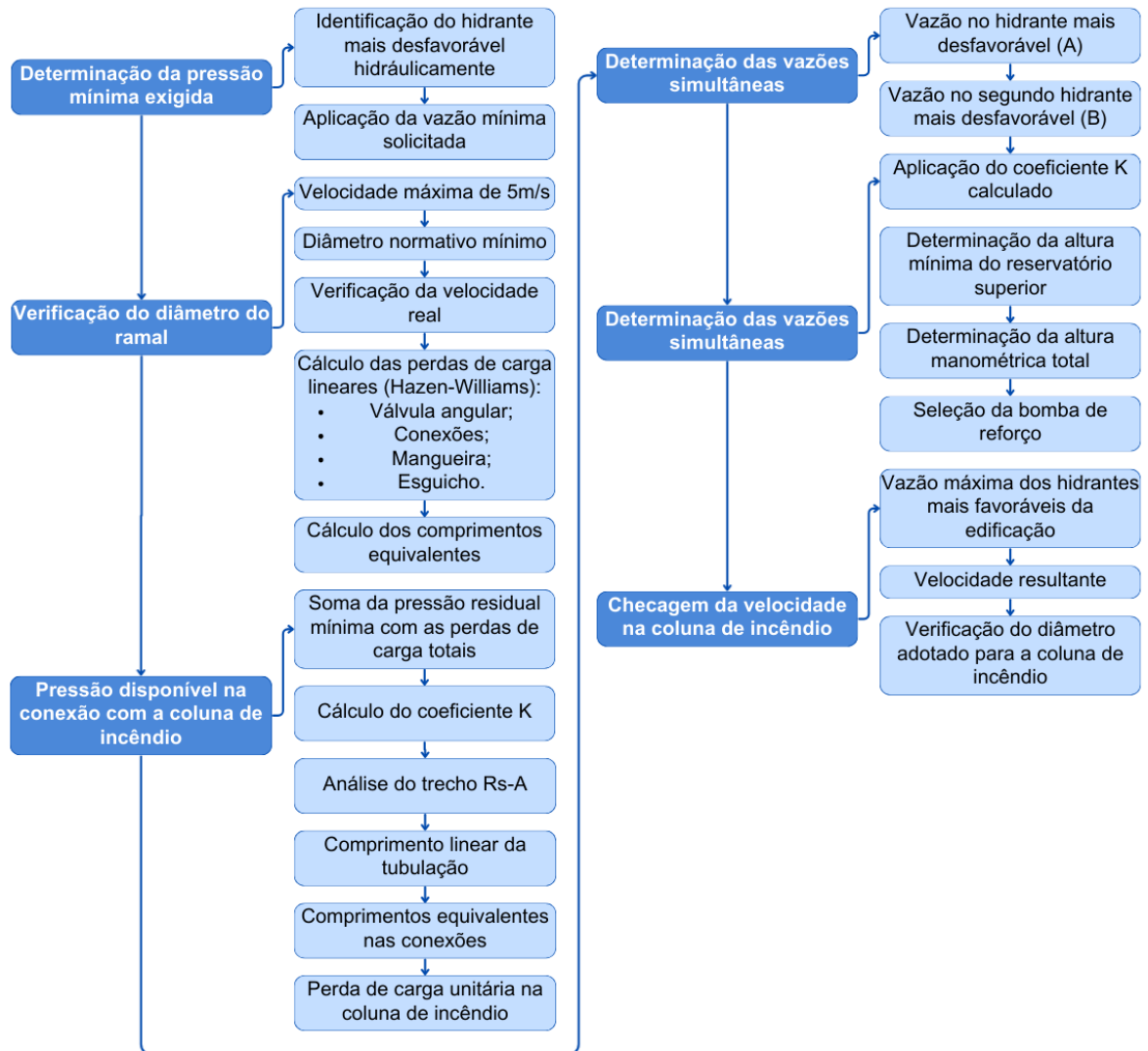
Como a área total da edificação é de 43.347,81 m² e a carga de incêndio é inferior a 1.200 MJ/m², o volume da RTI deverá ser de 25 m³, dividido entre as duas torres da edificação. Foram indicadas no projeto, para cada torre, duas caixas de polietileno com proteção ao fogo de, no mínimo, duas horas, com volume de 7,5 m³ cada uma, interligadas por tubulação com diâmetro, no mínimo, igual ao do SHP, para permitir a limpeza e a manutenção de cada uma delas. Dessa forma, tem-se um volume total da RTI de 30m³, atendendo ao mínimo preconizado pela IN 07 (2025).

A tubulação de saída do reservatório para abastecimento do SHP deve ser dotada de registro de gaveta ou registro de esfera, para manutenção do sistema, e de válvula de retenção, para bloquear o recalque, ambos no mesmo diâmetro da tubulação (CBMSC, 2024).

5 DIMENSIONAMENTO

Como o reservatório do edifício é elevado, o abastecimento do SHP é feito pela ação da gravidade, devendo o reservatório estar à altura suficiente para fornecer a vazão mínima requerida, sendo a altura da RTI considerada do fundo do reservatório até o centro de tomada d'água do hidrante menos favorável hidráulicamente (CBMSC, 2024). Sendo assim, neste tópico será demonstrado o dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo para cada uma das torres da edificação, que seguirá a lógica conforme demonstrado no fluxograma da Figura 11.

Figura 11 - Fluxograma do Dimensionamento



5.1 Dimensionamento Torre A

5.1.1 Pressão mínima no hidrante mais desfavorável

A vazão mínima preconizada pela IN 07 do CBMSC (2024) é de 70 l/min e, dessa forma pode-se calcular a pressão mínima no hidrante mais desfavorável, determinando-se o fator de vazão para o esguicho de 13 mm do hidrante mais desfavorável, de acordo com o Quadro 7.

Quadro 7 - Fator de Vazão no Esguicho

Tipo de orifício	Diâmetro nominal		Fator K	
	mm	pol	1/min . mca ^{-1/2}	1/min . kPa ^{-1/2}
Esguichos	13,0	½	32,5	10,3
	16,0	5/8	51,4	16,3
	19,0	¾	73,8	23,4
	22,0	7/8	101,0	32,0
	25,0	1	132,3	41,9
	32,0	1 1/4	206,4	65,4

Fonte: Adaptado de Brentano (2016).

O cálculo da pressão mínima no hidrante mais desfavorável pode ser visualizado na Equação 1.

$$P_{H1} = \frac{Q_{H1}^2}{K^2} = \frac{70^2}{32,5^2} = 4,64 \text{ kPa} = 0,46 \text{ mca} \quad (1)$$

5.1.2 Verificação do diâmetro do ramal

O diâmetro do ramal de alimentação é determinado pela IN 07 do CBMSC (2024) devendo ter, no mínimo 65mm para tubulações, a determinação do diâmetro do ramal de alimentação deve respeitar a velocidade máxima de escoamento da água, que não poderá ultrapassar 5m/s e deve ser verificada pela Equação 2.

$$v_{A1} = \frac{Q_{H1}}{A_{A1}} = \frac{0,00117}{\pi \left(\frac{0,065}{2}\right)^2} = 0,35 \text{ m/s} \quad (2)$$

Foi obtido um valor inferior a 5 m/s e, portanto, será considerado no projeto o diâmetro de 65 mm para o ramal de alimentação.

5.1.3 Perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável

A perda de carga no ramal do (H_1) é igual à perda de carga no segmento de canalização do ramal somada às perdas de carga na válvula angular, na mangueira de hidrante e no esguicho, conforme demonstrado na Equação 3.

$$hp_{A1} = hp_c + hp_v + hp_m + hp_{esg} \quad (3)$$

5.1.3.1 Perda de carga no segmento de canalização

Para isso, o cálculo da perda de carga no segmento de canalização do ramal é dado pela Equação 4.

$$hp_c = (ln_c + le_c) \cdot J_c \quad (4)$$

Os valores referentes aos comprimentos equivalentes das singularidades do ramal podem ser consultados no Quadro 5.

Quadro 8 - Comprimentos Equivalentes

Tabela de comprimentos equivalentes em metros de canalização, para cálculo das perdas de carga localizadas.										
CONEXÃO	Diâmetro nominal X Equivalência em metros de canalização									
	Material	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"
Curva 90°	PVC	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9
	Metal	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1
Curva 45°	PVC	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
	Metal	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
Joelho 90°	PVC	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9
	Metal	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,2
Joelho 45°	PVC	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,5
	Metal	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9
Tê de passagem direta	PVC	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3
	Metal	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7
Tê de saída lateral	PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
	Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
Tê de saída bilateral	PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
	Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
União	PVC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25
	Metal	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04
Saída de canalização	PVC	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,9
	Metal	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0
Luva de redução (*)	PVC	0,3	0,2	0,15	0,4	0,7	0,8	0,85	0,95	1,2
	Aço	0,29	0,16	0,12	0,38	0,64	0,71	0,78	0,9	1,07
Registro de gaveta ou esfera aberto	PVC	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1
	Metal	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9
Registro de globo aberto	Metal	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	43,0
Registro de ângulo aberto	Metal	3,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0	21,0
Válvula de pé com crivo	PVC	9,5	13,3	15,3	18,3	23,7	25,0	26,8	28,8	37,4
	Metal	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	22,0	23,0	30,0
Válvula de Retenção	Horizontal	Metal	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	10,4
	Vertical	Metal	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	16,1

Fonte: Adaptado de Schneider Motobombas (2021).

Para o cálculo da perda de carga no segmento de canalização, de acordo com Brentano (2016), considera-se a perda de carga no comprimento da tubulação como irrisória e, portanto, $l_{nc} = 0$. Para os comprimentos equivalentes, tem-se um tê saída lateral, logo, o comprimento equivalente de canalização $l_{ec} = 1,3$.

O cálculo da perda de carga unitária J_c pode ser calculado por meio da fórmula de Hazen-Williams, que pode ser visualizada na Equação 5, onde o coeficiente C de Hazen Williams é igual a 120, de acordo com a NBR 13714 (2000), e o diâmetro do segmento de canalização é de 65 mm de acordo com a IN 07 do CBMSC (2024).

$$\begin{aligned}
 J_c &= 10,65 \cdot J_{H1}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot d_c^{-4,87} & (5) \\
 J_c &= 10,65 \cdot 0,00117^{1,85} \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,0065^{-4,87} \\
 J_c &= 0,0034 \text{ mca}
 \end{aligned}$$

Sendo assim, a perda de carga no segmento de canalização é dada por:

$$hp_c = (ln_c + le_c) \cdot J_c = (0+1,3) \cdot 0,0034 = 0,0045 \cong 0,0$$

5.1.3.2 Perda de carga na válvula angular

Para o cálculo da perda de carga na válvula angular, deve-se utilizar a expressão geral da perda de carga localizada, na Equação 6.

$$hp_v = k \cdot \frac{v_v^2}{2g} \quad (7)$$

A velocidade na válvula angular é calculada por meio da Equação 8, considerando que seu diâmetro é de 38 mm, de acordo com a IN 07 (2025).

$$V_v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00117}{\pi \cdot \left(\frac{0,038^2}{4}\right)} = 1,03 \text{ m/s} \quad (8)$$

O coeficiente de singularidade k é determinado de acordo com o Quadro 9.

Quadro 9 - Coeficientes de Singularidade

Peça e Perda	K
Ampliação gradual	0,30
Bocais	2,75
Comporta, aberta	2,50
Controlador de vazão	2,50
Cotovelo de 90°	0,90
Cotovelo de 45°	0,40
Crivo	0,75
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Curva de 22 1/2°	0,10
Entrada Normal em Canalização	0,50
Entrada de Borda	1,00
Existência de pequena derivação	0,03
Junção	1,00
Medidor Venturi	2,50
Redução gradual	0,15
Registro de ângulo, aberto	5,00
Registro de gaveta, aberto	0,20
Registro de globo, aberto	10,00
Saída de canalização	1,00
Tê, passagem direta	0,60
Tê, saída de lado	1,80
Tê, saída bilateral	1,80
Válvula de pé	1,75
Válvula de retenção	2,50
Velocidade	1,00

Fonte: Adaptado de Netto (1975).

Sendo assim, a perda de carga da válvula angular é de:

$$hp_v = k \cdot \frac{v_v^2}{2g} = 5 \cdot \frac{1,03^2}{2 \cdot 9,81} = 0,54 \text{ mca}$$

5.1.3.3 Perda de carga na mangueira do hidrante

A perda de carga na mangueira do hidrante se dá pela Equação 9, considerando a vazão mínima considerada para o hidrante mais desfavorável de 70 l/min, de acordo com a IN 07 do CBMSC (2025).

$$hp_m = 280000 \cdot Q^{1,85} = 280000 \cdot 0,00117^{1,85} = 1,05 \text{ mca} \quad (9)$$

5.1.3.4 Perda de carga no esguicho

Por fim, deve-se calcular a perda de carga no esguicho da mangueira, dada pela expressão geral da perda de carga, exemplificada na Equação 10, sabendo-se que o diâmetro do esguicho considerado é de 13 mm, conforme instruído pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2024).

$$hp_{\text{esg}} = k \cdot \frac{V_{\text{esg}}^2}{2g} \quad (10)$$

Para isso, deve ser calculada a velocidade no esguicho, conforme Equação 11.

$$V_v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00117}{\pi \cdot \left(\frac{0,013^2}{4}\right)} = 8,79 \text{ m/s} \quad (11)$$

O coeficiente de singularidade do esguicho é definido de acordo com o Quadro 9 apresentado e possui valor igual a 10, portanto, a perda de carga no esguicho é igual a:

$$hp_{\text{esg}} = 10 \cdot \frac{8,79^2}{2 \cdot 9,81} = 19,69 \text{ mca}$$

Sendo assim, a perda de carga total no ramal do hidrante é de:

$$hp_{A1} = hp_c + hp_v + hp_m + hp_{\text{esg}} = 0 + 0,54 + 1,05 + 19,69 = 21,28 \text{ mca}$$

5.1.4 Pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio

A pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio é dada pela soma da pressão residual mínima com a perda de carga total no ramal do hidrante, já calculadas. O cálculo da pressão na conexão pode ser visualizado na Equação 12.

$$P_A = h_{p_{A1}} + P_{H1} = 21,28 + 0,46 = 21,75 \text{ mca} \quad (12)$$

5.1.5 Determinação do coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio

Dando seguimento, foi calculado o coeficiente de descarga no ponto A para que haja uma equalização das pressões e vazões nas conexões dos ramais dos hidrantes com a coluna de incêndio. O cálculo desse fator se dá aplicando-se a vazão do hidrante H_1 sob as condições de pressão do ponto A, em kPa, e está demonstrado pela Equação 13.

$$K = \frac{Q_{H1}}{\sqrt{P_A}} = \frac{70}{\sqrt{217,41}} = 4,75 \text{ l/min} \cdot \text{kPa}^{-\frac{1}{2}} \quad (13)$$

5.1.6 Determinação da pressão no segundo hidrante mais desfavorável (H_2)

O cálculo da pressão no segundo hidrante mais desfavorável deve apresentar resultado suficiente para que haja um funcionamento simultâneo do hidrante H_1 com o hidrante H_2 e está demonstrado na Equação 14.

$$P_B = P_A + h_{g_{AB}} - h_{p_{AB}} \quad (14)$$

Para o cálculo, foi considerada inicialmente uma vazão de 70 l/min no hidrante do Ponto B, sendo que essa deve possuir um valor até 10% maior do que a vazão no Ponto A. Já o desnível entre os pontos AB foi considerado de acordo com o posicionamento preliminar dos hidrantes no projeto arquitetônico, resultando num valor de 3,24 m. Portanto, a perda de carga no Ponto B se dá conforme Equação 15, considerando um coeficiente de Hazen Williams de 120, conforme diretriz da NBR 13714 (2000):

$$J_c = 10,65 \cdot J_{H1}^{1,85} \cdot h_{g_{AB}} \cdot C^{-1,85} \cdot d_c^{-4,87} \quad (15)$$

$$J_c = 10,65 \cdot 0,00117^{1,85} \cdot 3,24 \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,065^{-4,87}$$

$$J_c = 0,01 \text{ mca}$$

Logo, a pressão calculada no ponto B é:

$$P_B = P_A + h_{g_{AB}} - h_{p_{AB}} = 21,75 + 3,24 - 0,01 = 24,97 \text{ mca}$$

5.1.7 Determinação da vazão no hidrante H₂

Para o cálculo da vazão no H₂ deve-se utilizar a Equação 14, em que o coeficiente K é o mesmo que foi calculado anteriormente e P_B é a pressão calculada no ponto B, em kPa.

$$Q_{H_2} = K \cdot \sqrt{P_B} = 4,75 \cdot \sqrt{24,97} = 75,02 \text{ l/min} \quad (16)$$

5.1.8 Determinação da perda de carga no trecho Rs-A

O trecho RsA se refere ao trecho que vai do reservatório superior (RS) até a conexão do ramal do hidrante H₁ com a coluna de incêndio (Ponto A). Como está sendo considerada uma vazão simultânea dos hidrantes H₁ e H₂, a vazão Q_{RS-A} a ser considerada para o cálculo da perda de carga é dada pela Equação 17.

$$Q_{RS-A} = Q_{H_1} + Q_{H_2} = 70 + 75,02 = 152,02 \text{ l/min} = 0,00242 \text{ kPa} \quad (17)$$

Para o cálculo da perda de carga no trecho Rs-A foi calculada a perda de carga unitária J_{RS-A} pela fórmula de Hazen-Williams, como mostra a Equação 18. O diâmetro considerado para o cálculo foi de 80 mm, um diâmetro comercial superior ao do ramal do hidrante mais desfavorável da edificação (H₁) e, ainda, o Coeficiente da Hazen-Williams utilizado foi de 120, conforme NBR 13714 (2000):

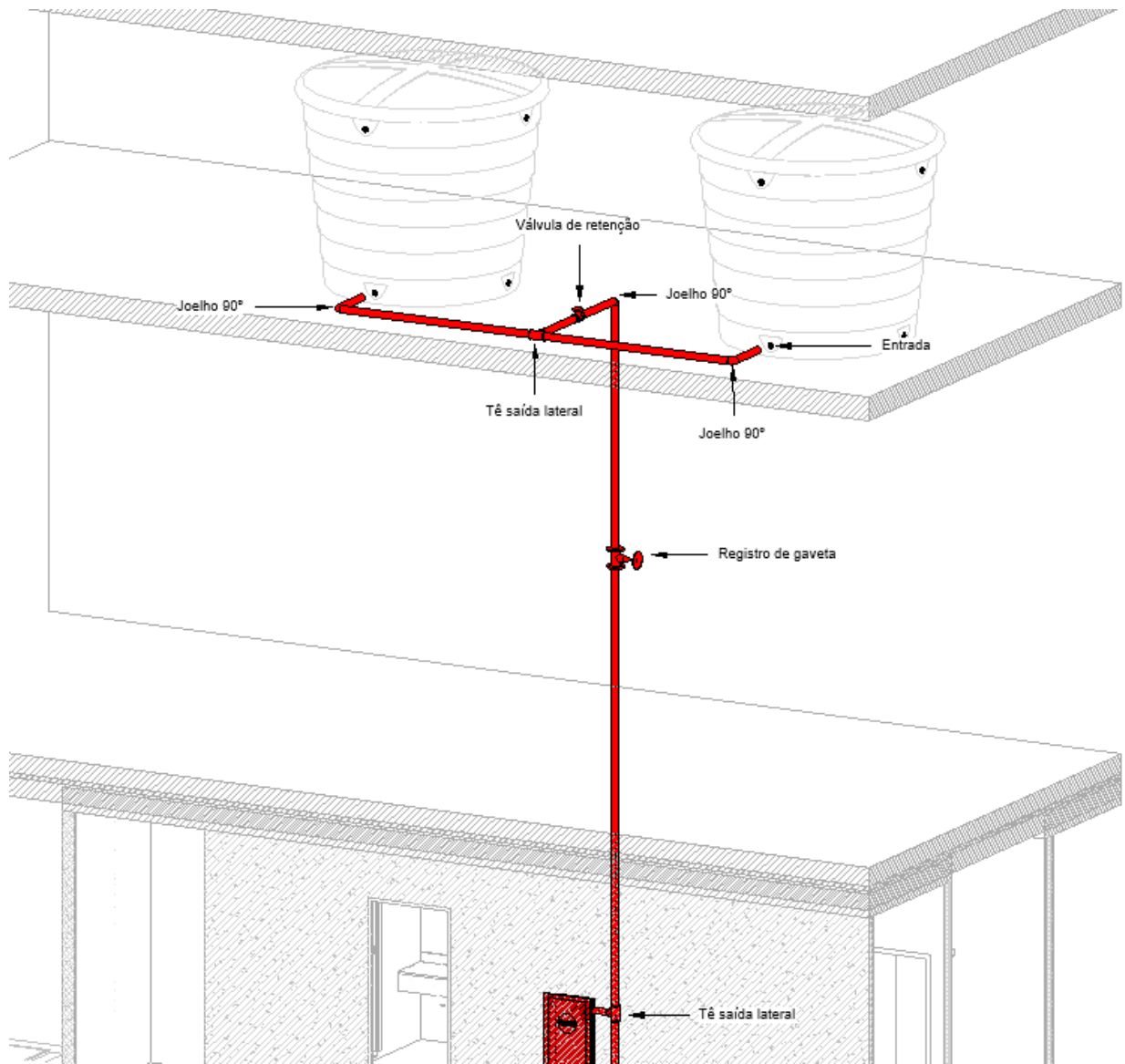
$$J_{RS-A} = 10,65 \cdot Q_{RS-A}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{RS-A}^{-1,87} \quad (18)$$

$$J_{RS-A} = 10,65 \cdot 0,00242^{1,85} \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,08^{-1,87}$$

$$J_{RS-A} = 0,00481 \text{ mca}$$

Dando continuidade, deve-se calcular os comprimentos equivalentes nas conexões, que é possível a partir do lançamento preliminar do projeto (Figura 12) e, também, o comprimento de tubulação que vai do reservatório superior até o Ponto A. Os comprimentos equivalentes das tubulações podem ser consultados no Quadro 8.

Figura 12 - Isométrico Torre A



Fonte: Elaboração própria (2025).

Sendo assim, o comprimento equivalente das conexões e o comprimento da tubulação é dado conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Comprimentos Torre A

Conexão/Canalização	Quantidade	Equivalência	Total
Curva 90°	0	1,3	0 m
Curva 45°	0	0,6	0 m
Joelho 90°	3	2,5	7,5 m
Joelho 45°	0	1,2	0 m
Tê passagem direta	0	1,6	0 m
Tê passagem lateral	2	5,2	10,4 m
Te de passagem bilateral	0	5,2	0 m
União	0	0,02	0 m
Entrada/saída	1	2,2	2,2 m
Luva de redução	0	0,78	0 m
Registro de Gaveta aberto	1	0,5	0,5 m
Registro de globo aberto	0	26	0 m
Registro de ângulo aberto	0	13	0 m
Válvula de pé com crivo	0	22	0 m
Válvula de Retenção horizontal	0	6,3	0 m
Válvula de retenção vertical	1	9,7	9,7 m
Tubulação	9,99	1	9,99 m

Fonte: Elaboração própria (2025).

Logo, a perda de carga no trecho Rs-A se dá conforme Equação 19.

$$h_{p_{Rs-A}} = (I_{n_{Rs-A}} + I_{c_{Rs-A}}) \cdot J_{Rs-A} = (30,3 + 9,99) \cdot 0,00481 = 0,19 \text{ mca} \quad (19)$$

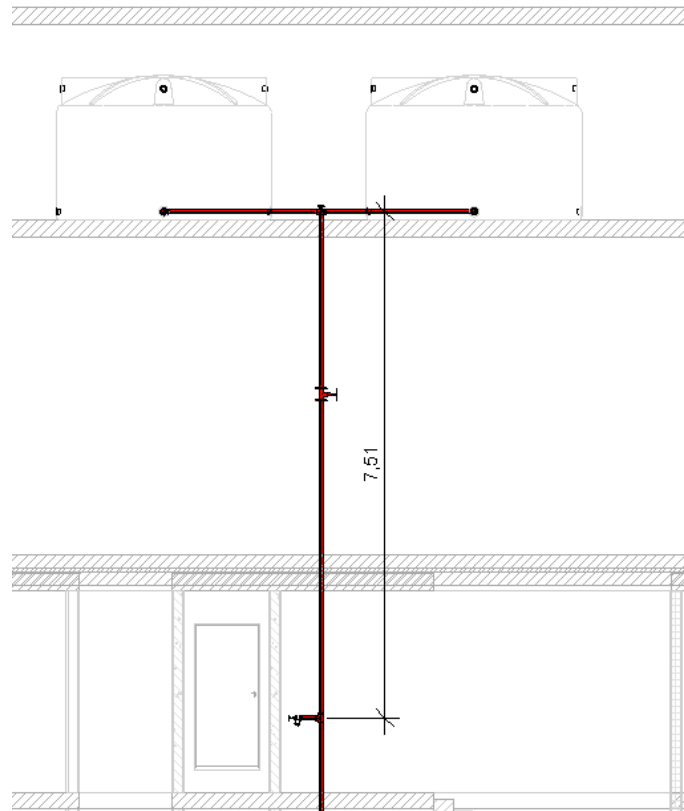
5.1.9 Determinação da altura mínima do reservatório superior

O desnível mínimo (h_{\min}) entre o fundo do reservatório superior e o ponto de tomada d'água mais desfavorável (ponto A) para garantir a vazão mínima exigida é dado pela Equação 20.

$$h_{\min} = P_A + h_{p_{Rs-A}} = 21,75 + 0,19 = 21,94 \text{ m} \quad (20)$$

Após o cálculo da altura mínima do reservatório superior, foi feita a verificação do desnível existente no projeto, conforme pode ser visualizado na Figura 13.

Figura 13 - Desnível Trecho Rs-A (Torre A)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Sendo assim, a verificação do desnível se dá conforme Equação 21.

$$h_{\text{elev}} = h_{\text{mín}} - h_{g_{\text{Rs-A}}} = 21,94 - 7,51 = 14,43 \text{ m} \quad (21)$$

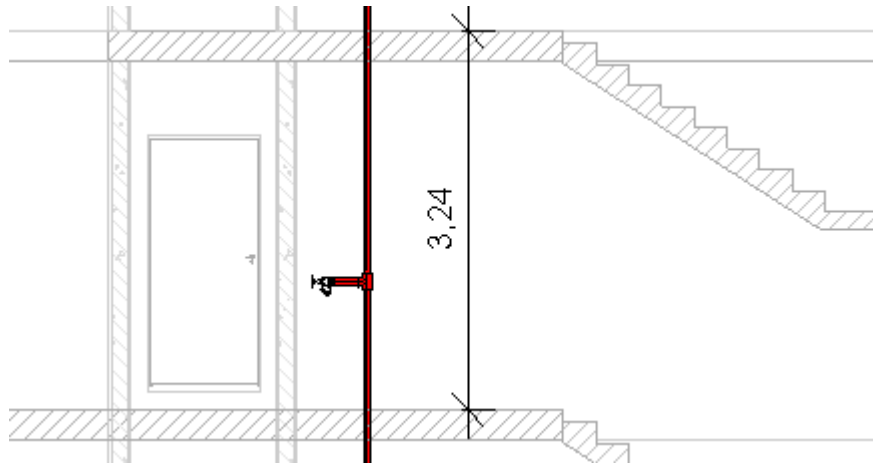
Por fim, pode-se concluir que seria necessário elevar o reservatório superior em 14,43 m para garantir a pressão mínima necessária no Ponto A. Entende-se que não seria viável essa alteração no projeto arquitetônico devido à limitação de altura que tem-se para a região em que se está projetando, então, será feita a indicação de uma bomba de reforço para mitigar essa situação.

5.1.10 Determinação da altura manométrica total e seleção da bomba de reforço

Como o desnível do projeto não é suficiente para garantir a pressão no Ponto A, será necessário definir uma bomba de reforço, que deve atender a vazão do trecho Rs-A, já calculada. Para isso deve-se calcular o número de pavimentos que serão atendidos por ela. O cálculo do número de pavimentos que deve ser atendido pela bomba

de reforço pode ser visualizado na Equação 22, e o pé-direito da edificação é conforme demonstrado na Figura 14.

Figura 14 - Pé Direito Torre A



Fonte: Elaboração própria (2025).

$$N = \frac{h_{elev}}{PD} = \frac{14,43}{3,24} = 4 \text{ pavimentos} \quad (22)$$

Sendo assim, considerando o uso de 4 hidrantes simultâneos, foi selecionada a bomba TP-IN 18/35 (1,5 cv) da HydroSystem (2024) que atende à pressão altura manométrica necessária para o sistema de 14,43 mca, conforme pode ser visualizado nas Figuras 15 e 16.

Figura 15 - Bomba de Reforço Torre A

Modelo	Potência (cv)	Rotor (mm)	Características Hidráulicas																				
			Altura Manométrica Total (m.c.a.)																				
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26
			Vazão em m³/h válida para sucção de 0 m.c.a.																				
13/30	1,0	91	29,7	28,5	27,3	26,0	24,5	22,9	21,1	18,9	16,4	13,0	7,5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
18/35	1,5	102	35,2	34,2	33,3	32,3	31,3	30,1	29,0	27,8	26,5	25,0	23,1	21,2	18,3	15,5	12,4	3,9	*	*	*	*	
20/38	2,0	111	38,2	37,3	36,5	35,6	34,8	33,9	32,8	31,8	30,8	29,7	28,5	27,2	25,9	24,3	22,7	21,0	18,7	16,2	*	*	
26/40	3,0	125	*	39,7	39,0	38,4	37,7	37,1	36,4	35,7	34,9	34,1	33,3	32,5	31,7	30,8	29,8	28,8	27,8	26,7	24,0	21,0	16,8

Fonte: Adaptado de HydroSystem (2024).

Figura 16 – Características Bomba de Reforço Torre A

Modelo	Potência (cv)	Tensão Monof. (V)	Tensão Trif. (V)	Pressão máxima (m.c.a.)	Vazão máxima (m³/h)	Manifold Ø	Potência Motor Diesel Mod. EC/JEC/CJ	Bomba Jockey Mod. EC/JEC/CJ
TP-IN02-T 13/30	1,0	110/220	220/380	13	30,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP-IN02-T 18/35	1,5	110/220	220/380	18	35,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP-IN02-T 20/38	2,0	110/220	220/380	20	38,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP-IN02-T 26/40	3,0	110/220	220/380	26	40,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP-IN02-T 30/35	4,0	*	220/380	30	35,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP-IN02-T 32/28	4,0	*	220/380	32	28,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP IN02-T 36/36	5,0	*	220/380	36	36,0	2.1/2"	7,0 hp	1,0
TP IN02-T 40/27	5,0	*	220/380	40	27,0	2.1/2"	7,0 hp	1,0
TP IN02-T 45/22	5,0	*	220/380	45	22,0	2.1/2"	7,0 hp	1,0
TP-IN02-T 50/35	7,5	*	220/380	50	35,0	2.1/2"	10,0 hp	1,0
TP-IN02-T 52/30	7,5	*	220/380	52	30,0	2.1/2"	10,0 hp	1,0
TP-IN02-T 54/50	10,0	*	220/380	54	50,0	2.1/2" / 3"	13,0 hp	1,0
TP-IN02-T 60/40	10,0	*	220/380	60	40,0	2.1/2" / 3"	13,0 hp	1,0
TP-IN02-T 60/55	12,5	*	220/380	60	55,0	2.1/2" / 3"	15,0 hp	1,0
TP-IN02-T 30/87	7,5	*	220/380	30	87,0	3"	10,0 hp	0,5
TP-IN02-T 36/90	10,0	*	220/380	36	90,0	3"	13,0 hp	1,0
TP IN02-T 44/90	12,5	*	220/380	44	90,0	3"	15,0 hp	1,0
TP IN02-T 50/90	15,0	*	220/380	50	90,0	3"	22,0 hp	1,0

Fonte: Adaptado de HydroSystem (2024).

5.1.11 Determinação da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis

Seguindo com o dimensionamento, foi feito o cálculo da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis hidráulicamente da Torre A, que se referem às tomadas d'água localizadas mais próximas ao pavimento térreo, conforme pode ser visualizado na Figura 17, disponível no projeto disponível no Apêndice B. Esse cálculo tem como função verificar se o diâmetro selecionado para a coluna de incêndio está adequado para todo o sistema.

Figura 17 - Esquema Vertical Hidrantes mais Favoráveis (Torre A)



Fonte: Elaboração própria (2025).

5.1.11.1 Determinação da vazão hidrante mais favorável (H_x)

Para determinar o cálculo da vazão no ponto X, que se refere ao ponto de conexão do hidrante H_x com a coluna de incêndio, deve-se primeiramente calcular a pressão no ponto X, que é dada pela Equação 23.

$$P_X = P_G + hg_{G-X} - hp_{G-X} \quad (23)$$

Para tanto, deve-se calcular a pressão no ponto G, que se refere ao primeiro hidrante abastecido pela coluna de incêndio por gravidade, dada pela Equação 24. Nesse caso, o cálculo da perda de carga no trecho Rs-G é calculado desconsiderando as conexões em Tê e considerando as demais conexões pois pode ser considerado um trecho reto com perda de carga linear.

$$P_G = hg_{RS-G} + hp_{RS-G} \quad (24)$$

A perda de carga no trecho Rs-G é calculada por meio da fórmula de Hazen-Williams, considerando um coeficiente de 120 de acordo com a NBR 13714 (2000), considerando a vazão dos dois hidrantes mais favoráveis e o comprimento no trecho, conforme demonstrado na Equação 25.

$$J_{RS-G} = 10,65 \cdot Q_{RS-G}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{RS-A}^{-1,87} \quad (25)$$

$$J_{RS-G} = 10,65 \cdot 0,00233^{1,85} \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,08^{-1,87}$$

$$J_{RS-G} = 0,0045 mca$$

Assim, a pressão no ponto G é de:

$$P_G = hg_{RS-G} + hp_{RS-G} = 7,51 + 0,0045 = 7,5145 mca$$

A perda de carga no trecho G-x é calculada por meio da fórmula de Hazen-Williams, considerando um coeficiente de 120 de acordo com a NBR 13714 (2000), considerando a vazão dos dois hidrantes mais favoráveis e o comprimento no trecho, conforme demonstrado na Equação 25.

$$J_{G-X} = 10,65 \cdot Q_{RS-G}^{1,85} \cdot hg_{RS-X} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{RS-A}^{-1,87} \quad (25)$$

$$J_{G-X} = 10,65 \cdot 0,00233^{1,85} \cdot 53,73 \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,08^{-1,87}$$

$$J_{G-X} = 0,2420 \text{ mca}$$

Logo, a pressão no ponto X é igual a:

$$P_X = P_G + hg_{G-X} - hp_{G-X} = 7,5145 + 53,73 - 0,2420 = 61 \text{ mca}$$

Após o cálculo da pressão no ponto G é possível seguir com o cálculo da pressão no Ponto X, dada pela Equação 20 e, por fim, pode-se calcular a vazão no ponto X, conforme a Equação 26.

$$Q_{Hx} = K \cdot \sqrt{P_X} = 4,75 \cdot \sqrt{610} = 117,24 \text{ l/min} \quad (26)$$

5.1.11.2 Determinação da vazão hidrante mais favorável (H_Y)

Assim como no cálculo da vazão no ponto X, para o ponto Y deve-se primeiramente calcular a pressão no ponto Y, demonstrada na Equação 27.

$$P_Y = P_X + hg_{X-Y} - hp_{X-Y} \quad (27)$$

A perda de carga no trecho X-Y é calculada por meio da fórmula de Hazen-Williams, considerando um coeficiente de 120 de acordo com a NBR 13714 (2000), conforme Equação 28.

$$J_{RS-G} = 10,65 \cdot Q_{X-Y}^{1,85} \cdot hg_{X-Y} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{X-Y}^{-1,87} \quad (28)$$

$$J_{RS-G} = 10,65 \cdot 0,00195^{1,85} \cdot 2,88 \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,08^{-1,87}$$

$$J_{RS-G} = 0,0093 \text{ mca}$$

Logo, a pressão no ponto Y é de:

$$P_Y = P_X + hg_{X-Y} - hp_{X-Y} = 61 + 2,88 - 0,0093 = 63,87 \text{ mca}$$

Por fim, a vazão no ponto Y é calculada considerando o fator K utilizado nas demais determinações de vazão, conforme demonstrado na Equação 29.

$$Q_{Hx} = K \cdot \sqrt{P_X} = 4,75 \cdot \sqrt{638,7} = 119,97 \text{ l/min} \quad (29)$$

5.1.11.3 Verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio

De acordo com a NBR 13.714 (2000) a velocidade do escoamento d'água na coluna de incêndio não pode ultrapassar 5m/s e, para garantir o atendimento a essa diretriz, foi feita a verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio considerando os hidrantes onde tem-se a maior vazão, ou seja, H_X e H_Y funcionando simultaneamente, conforme Equação 30.

$$Q_{CI} = Q_{Hy} + Q_{Hx} = 117,24 + 119,97 = 237,21 \text{ l/min} \quad (30)$$

Assim, pode-se calcular a velocidade de escoamento d'água na coluna de incêndio, de acordo com a Equação 31. Após o cálculo, caso o valor obtido seja menor que 5m/s pode-se adotar para a coluna de incêndio o mesmo diâmetro utilizado para os ramais de incêndio e, caso contrário, deve-se adotar o diâmetro comercial imediatamente superior para mitigar o excesso de velocidade.

$$v_{CI} = \frac{Q_{CI}}{A_{CI}} = \frac{0,00395}{\pi \cdot \frac{0,065^2}{4}} = 1,19 \text{ m/s} \quad (31)$$

Sendo assim, foi utilizado o diâmetro de 65 para todos os ramais de hidrantes da edificação.

5.2 Dimensionamento Torre B

5.2.1 Pressão mínima no hidrante mais desfavorável

A vazão mínima preconizada pela IN 07 do CBMSC (2024) é de 70 l/min e, dessa forma pode-se calcular a pressão mínima no hidrante mais desfavorável, determinando-se o fator de vazão para o esguicho de 13 mm do hidrante mais desfavorável, de acordo com o Quadro 7.

O cálculo da pressão mínima no hidrante mais desfavorável pode ser visualizado na Equação 32.

$$P_{H1} = \frac{Q_{H1}^2}{K^2} = \frac{70^2}{32,5^2} = 4,64 \text{ kPa} = 0,46 \text{ mca} \quad (32)$$

5.2.2 Verificação do diâmetro do ramal

O diâmetro do ramal de alimentação é determinado pela IN 07 do CBMSC (2024) devendo ter, no mínimo 65mm para tubulações, a determinação do diâmetro do ramal de alimentação deve respeitar a velocidade máxima de escoamento da água, que não poderá ultrapassar 5m/s e deve ser verificada pela Equação 33.

$$v_{A1} = \frac{Q_{H1}}{A_{A1}} = \frac{70}{\pi \left(\frac{0,065}{2}\right)^2} = 0,35 \text{ m/s} \quad (33)$$

Foi obtido um valor inferior a 5 m/s e, portanto, será considerado no projeto o diâmetro de 65 mm para o ramal de alimentação.

5.2.3 Perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável

A perda de carga no ramal do (H_1) é igual à perda de carga no segmento de canalização do ramal somada às perdas de carga na válvula angular, na mangueira de hidrante e no esguicho, conforme demonstrado na Equação 34.

$$hp_{A1} = hp_c + hp_v + hp_m + hp_{esg} \quad (34)$$

5.2.3.1 Perda de carga no segmento de canalização

Para isso, o cálculo da perda de carga no segmento de canalização do ramal é dado pela Equação 4.

$$hp_c = (ln_c + le_c) \cdot J_c \quad (4)$$

Os valores referentes aos comprimentos equivalentes das singularidades do ramal podem ser consultados no Quadro 8.

Para o cálculo da perda de carga no segmento de canalização, de acordo com Brentano (2016), considera-se a perda de carga no comprimento da tubulação como irrisória e, portanto, $ln_c = 0$. Para os comprimentos equivalentes, tem-se um tê saída lateral, logo, o comprimento equivalente de canalização $le_c = 1,3$.

O cálculo da perda de carga unitária J_c pode ser calculado por meio da fórmula de Hazen-Williams, que pode ser visualizada na Equação 36, onde o coeficiente C de

Hazen Williams é igual a 120, de acordo com a NBR 13714 (2000), e o diâmetro do segmento de canalização é de 65 mm de acordo com a IN 07 do CBMSC (2024).

$$J_c = 10,65 \cdot J_{H1}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot d_c^{-4,87} \quad (36)$$

$$J_c = 10,65 \cdot 0,00117^{1,85} \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,0065^{-4,87}$$

$$J_c = 0,0034 \text{ mca}$$

Sendo assim, a perda de carga no segmento de canalização é dada por:

$$hp_c = (ln_c + le_c) \cdot J_c = (0 + 1,3) \cdot 0,0034 = 0,0045 \cong 0,0$$

5.2.3.2 Perda de carga na válvula angular

Para o cálculo da perda de carga na válvula angular, deve-se utilizar a expressão geral da perda de carga localizada, na Equação 37.

$$hp_v = k \cdot \frac{v_v^2}{2g} \quad (37)$$

A velocidade na válvula angular é calculada por meio da Equação 38, considerando que seu diâmetro é de 38 mm, de acordo com a IN 07 (2025).

$$V_v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00117}{\pi \cdot \left(\frac{0,038^2}{4}\right)} = 1,03 \text{ m/s} \quad (38)$$

O coeficiente de singularidade k é determinado de acordo com o Quadro 9.

Sendo assim, a perda de carga da válvula angular é de:

$$hp_v = k \cdot \frac{v_v^2}{2g} = 5 \cdot \frac{1,03^2}{2 \cdot 9,81} = 0,54 \text{ mca}$$

5.2.3.3 Perda de carga na mangueira do hidrante

A perda de carga na mangueira do hidrante se dá pela Equação 39, considerando a vazão mínima considerada para o hidrante mais desfavorável de 70 l/min, de acordo com a IN 07 do CBMSC (2025).

$$hp_m = 280000 \cdot Q^{1,85} = 280000 \cdot 0,00117^{1,85} = 1,05 \text{ mca} \quad (39)$$

5.2.3.4 Perda de carga no esguicho

Por fim, deve-se calcular a perda de carga no esguicho da mangueira, dada pela expressão geral da perda de carga, exemplificada na Equação 40, sabendo-se que o diâmetro do esguicho considerado é de 13 mm, conforme instruído pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2024).

$$hp_{\text{esg}} = k \cdot \frac{v_{\text{esg}}^2}{2g} \quad (40)$$

Para isso, deve ser calculada a velocidade no esguicho, conforme Equação 11.

$$V_v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00117}{\pi \cdot \left(\frac{0,013^2}{4}\right)} = 8,79 \text{ m/s} \quad (41)$$

O coeficiente de singularidade do esguicho é definido de acordo com o Quadro 9 apresentado e possui valor igual a 10, portanto, a perda de carga no esguicho é igual a:

$$hp_{\text{esg}} = 10 \cdot \frac{8,79^2}{2 \cdot 9,81} = 19,69 \text{ mca}$$

Sendo assim, a perda de carga total no ramal do hidrante é de:

$$hp_{A1} = hp_c + hp_v + hp_m + hp_{\text{esg}} = 0 + 0,54 + 1,05 + 19,69 = 21,28 \text{ mca}$$

5.2.4 Pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio

A pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio é dada pela soma da pressão residual mínima com a perda de carga total no ramal do hidrante, já calculadas. O cálculo da pressão na conexão pode ser visualizado na Equação 42.

$$P_A = h_{p_{A1}} + P_{H1} = 21,28 + 0,46 = 21,75 \text{ mca} \quad (42)$$

5.2.5 Determinação do coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio

Dando seguimento, foi calculado o coeficiente de descarga no ponto A para que haja uma equalização das pressões e vazões nas conexões dos ramais dos hidrantes com a coluna de incêndio. O cálculo desse fator se dá aplicando-se a vazão do hidrante H_1 sob as condições de pressão do ponto A, em kPa, e está demonstrado pela Equação 43.

$$K = \frac{Q_{H1}}{\sqrt{P_A}} = \frac{70}{\sqrt{217,41}} = 4,75 \text{ l/min} \cdot \text{kPa}^{-\frac{1}{2}} \quad (43)$$

5.2.6 Determinação da pressão no segundo hidrante mais desfavorável (H_2)

O cálculo da pressão no segundo hidrante mais desfavorável deve apresentar resultado suficiente para que haja um funcionamento simultâneo do hidrante H_1 com o hidrante H_2 e está demonstrado na Equação 44.

$$P_B = P_A + h_{g_{AB}} - h_{p_{AB}} \quad (44)$$

Para o cálculo, foi considerada inicialmente uma vazão de 70 l/min no hidrante do Ponto B, sendo que essa deve possuir um valor até 10% maior do que a vazão no Ponto A. Já o desnível entre os pontos AB foi considerado de acordo com o posicionamento preliminar dos hidrantes no projeto arquitetônico, resultando num valor de 3,24 m. Portanto, a perda de carga no Ponto B se dá conforme Equação 45, considerando um coeficiente de Hazen Williams de 120, conforme diretriz da NBR 13714 (2000):

$$J_c = 10,65 \cdot J_{H1}^{1,85} \cdot h_{g_{AB}} \cdot C^{-1,85} \cdot d_c^{-4,87} \quad (45)$$

$$J_c = 10,65 \cdot 0,00117^{1,85} \cdot 3,24 \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,065^{-4,87}$$

$$J_c = 0,01 \text{ mca}$$

Logo, a pressão calculada no ponto B é:

$$P_B = P_A + h_{g_{AB}} - h_{p_{AB}} = 21,75 + 3,24 - 0,01 = 24,97 \text{ mca}$$

5.2.7 Determinação da vazão no hidrante H₂

Para o cálculo da vazão no H₂ deve-se utilizar a Equação 46, em que o coeficiente K é o mesmo que foi calculado anteriormente e P_B é a pressão calculada no ponto B, em kPa.

$$Q_{H_2} = K \cdot \sqrt{P_B} = 4,75 \cdot \sqrt{24,97} = 75,02 \text{ l/min} \quad (46)$$

5.2.8 Determinação da perda de carga no trecho Rs-A

O trecho RsA se refere ao trecho que vai do reservatório superior (RS) até a conexão do ramal do hidrante H₁ com a coluna de incêndio (Ponto A). Como está sendo considerada uma vazão simultânea dos hidrantes H₁ e H₂, a vazão Q_{RS-A} a ser considerada para o cálculo da perda de carga é dada pela Equação 47.

$$Q_{RS-A} = Q_{H_1} + Q_{H_2} = 70 + 75,02 = 152,02 \text{ l/min} = 0,00242 \text{ kPa} \quad (47)$$

Para o cálculo da perda de carga no trecho Rs-A foi calculada a perda de carga unitária J_{RS-A} pela fórmula de Hazen-Williams, como mostra a Equação 48. O diâmetro considerado para o cálculo foi de 80 mm, um diâmetro comercial superior ao do ramal do hidrante mais desfavorável da edificação (H₁) e, ainda, o Coeficiente da Hazen-Williams utilizado foi de 120, conforme NBR 13714 (2000):

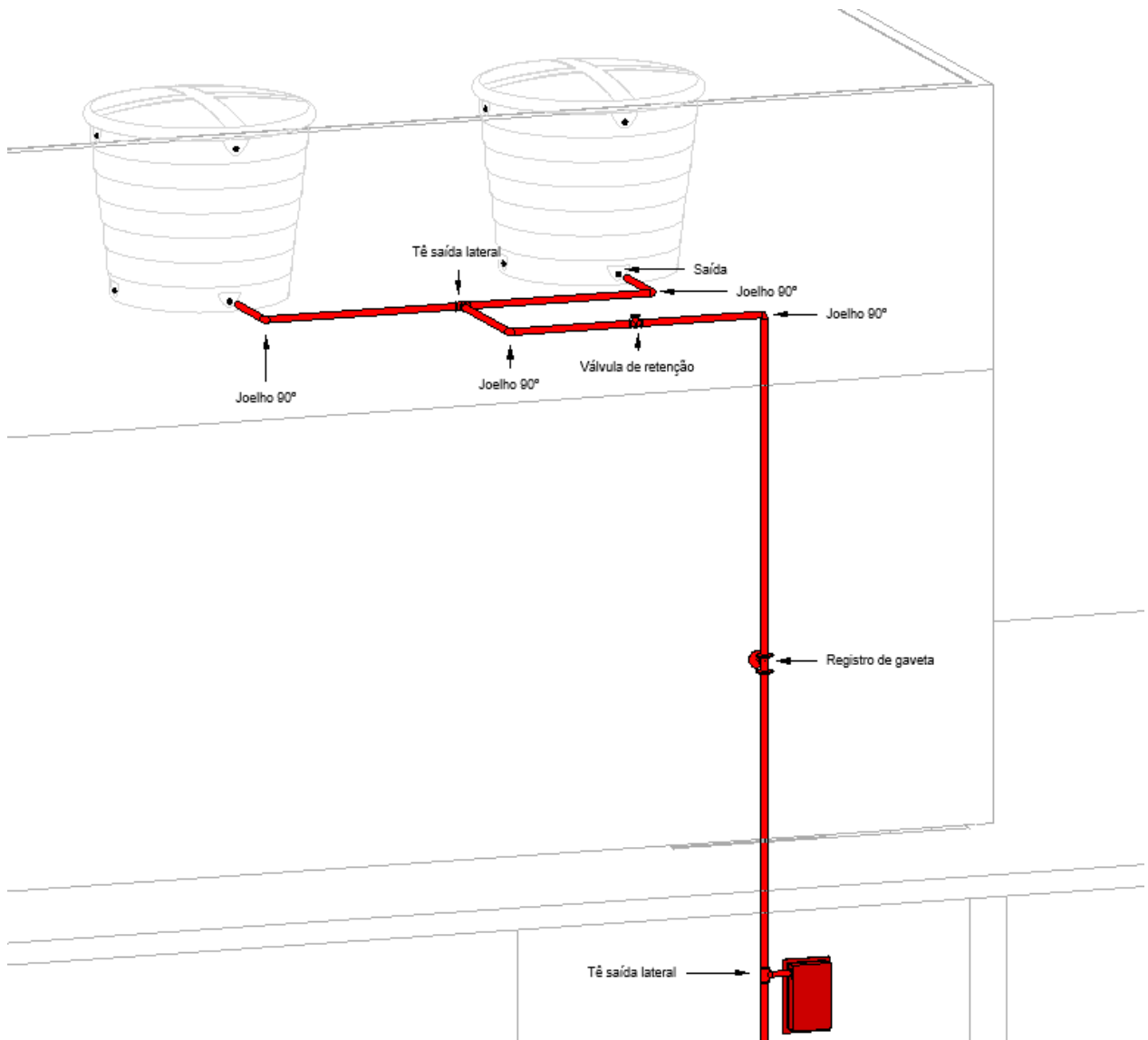
$$J_{RS-A} = 10,65 \cdot Q_{RS-A}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{RS-A}^{-1,87} \quad (48)$$

$$J_{RS-A} = 10,65 \cdot 0,00242^{1,85} \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,08^{-1,87}$$

$$J_{RS-A} = 0,00481 \text{ mca}$$

Dando continuidade, deve-se calcular os comprimentos equivalentes nas conexões, que é possível a partir do lançamento preliminar do projeto (Figura 18) e, também, o comprimento de tubulação que vai do reservatório superior até o Ponto A. Os comprimentos equivalentes das tubulações podem ser consultados no Quadro 8.

Figura 18 - Isométrico Torre B



Fonte: Elaboração própria (2025).

Sendo assim, o comprimento equivalente das conexões e o comprimento da tubulação é dado conforme Tabela 2.

Tabela 3 - Comprimentos Torre B

Conexão/Canalização	Quantidade	Equivalência	Total
Curva 90°	0	1,3	0 m
Curva 45°	0	0,6	0 m
Joelho 90°	4	2,5	10 m
Joelho 45°	0	1,2	0 m
Tê passagem direta	0	1,6	0 m
Tê passagem lateral	2	5,2	10,4 m
Te de passagem bilateral	0	5,2	0 m
União	0	0,02	0 m
Entrada/saída	1	2,2	2,2 m
Luva de redução	0	0,78	0 m
Registro de Gaveta aberto	1	0,5	0,5 m
Registro de globo aberto	0	26	0 m
Registro de ângulo aberto	0	13	0 m
Válvula de pé com crivo	0	22	0 m
Válvula de Retenção horizontal	0	6,3	0 m
Válvula de retenção vertical	1	9,7	9,7 m
Tubulação	15,32	1	15,32 m

Fonte: Elaboração própria (2025).

Logo, a perda de carga no trecho Rs-A se dá conforme Equação 49.

$$h_{p_{Rs-A}} = (I_{n_{Rs-A}} + I_{c_{Rs-A}}) \cdot J_{Rs-A} = (32,8 + 15,32) \cdot 0,00481 = 0,23 \text{ mca} \quad (49)$$

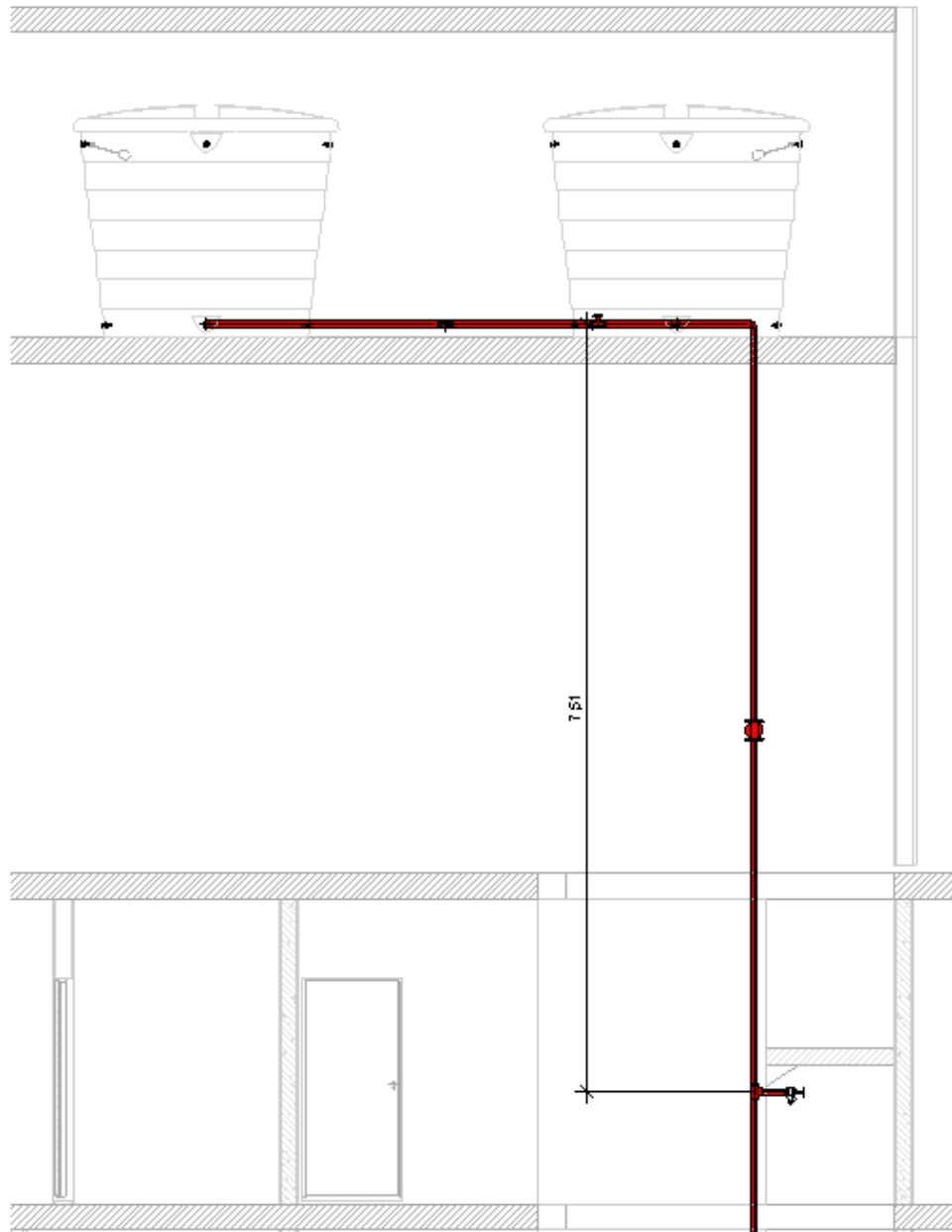
5.2.9 Determinação da altura mínima do reservatório superior

O desnível mínimo ($h_{\text{mín}}$) entre o fundo do reservatório superior e o ponto de tomada d'água mais desfavorável (ponto A) para garantir a vazão mínima exigida é dado pela Equação 50.

$$h_{\text{mín}} = P_A + h_{p_{Rs-A}} = 21,75 + 0,19 = 21,94 \text{ m} \quad (50)$$

Após o cálculo da altura mínima do reservatório superior, foi feita a verificação do desnível existente no projeto, conforme pode ser visualizado na Figura 19.

Figura 19 - Desnível Trecho Rs-A (Torre B)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Sendo assim, a verificação do desnível se dá conforme Equação 51.

$$h_{\text{elev}} = h_{\text{mín}} - h_{g_{\text{Rs-A}}} = 21,94 - 7,51 = 14,43 \text{ m} \quad (51)$$

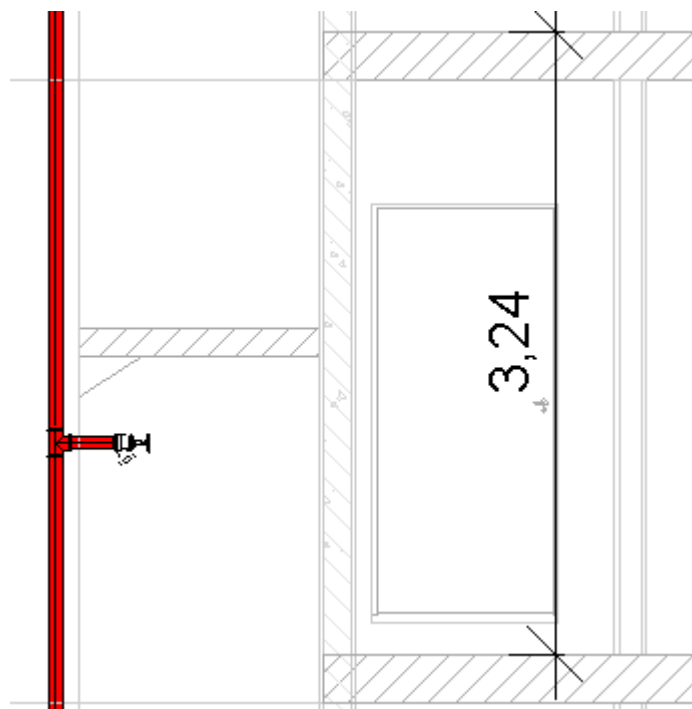
Por fim, pode-se concluir que seria necessário elevar o reservatório superior em 14,43 m para garantir a pressão mínima necessária no Ponto A. Entende-se que não seria viável essa alteração no projeto arquitetônico devido à limitação de altura que tem-

se para a região em que se está projetando, então, será feita a indicação de uma bomba de reforço para mitigar essa situação.

5.2.10 Determinação da altura manométrica total e seleção da bomba de reforço

Como o desnível do projeto não é suficiente para garantir a pressão no Ponto A, será necessário definir uma bomba de reforço, que deve atender a vazão do trecho Rs-A, já calculada. Para isso deve-se calcular o número de pavimentos que serão atendidos por ela. O cálculo do número de pavimentos que deve ser atendido pela bomba de reforço pode ser visualizado na Equação 52, e o pé-direito da edificação é conforme demonstrado na Figura 20.

Figura 20 - Pé Direito Torre B



Fonte: Elaboração própria (2025).

$$N = \frac{h_{elev}}{PD} = \frac{14,43}{3,24} = 4 \text{ pavimentos} \quad (52)$$

Sendo assim, considerando o uso de 4 hidrantes simultâneos, foi selecionada a bomba TP-IN 18/35 (1,5 cv) da HydroSystem (2024), mesma bomba selecionada para

a Torre A, que atende à pressão altura manométrica necessária para o sistema de 14,43 mca, conforme pode ser visualizado nas Figuras 21 e 22.

Figura 21 - Bomba de Reforço Torre B

Modelo	Potência (cv)	Rotor (mm)	Características Hidráulicas																							
			Altura Manométrica Total (m.c.a.)																							
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26			
			Vazão em m³/h válida para sucção de 0 m.c.a.																							
13/30	1,0	91	29,7	28,5	27,3	26,0	24,5	22,9	21,1	18,9	16,4	13,0	7,5													
18/35	1,5	102	35,2	34,2	33,3	32,3	31,3	30,1	29,0	27,8	26,5	25,0	23,1	21,2	18,3	15,5	12,4	3,9	*	*	*	*	*	*	*	
20/38	2,0	111	38,2	37,3	36,5	35,6	34,8	33,9	32,8	31,8	30,8	29,7	28,5	27,2	25,9	24,3	22,7	21,0	18,7	16,2	*	*	*	*	*	
26/40	3,0	125	*	39,7	39,0	38,4	37,7	37,1	36,4	35,7	34,9	34,1	33,3	32,5	31,7	30,8	29,8	28,8	27,8	26,7	24,0	21,0	16,8			

Fonte: Adaptado de HydroSystem (2024).

Figura 22 – Características Bomba de Reforço Torre B

Modelo	Potência (cv)	Tensão Monof. (V)	Tensão Trif. (V)	Pressão máxima (m.c.a.)	Vazão máxima (m³/h)	Manifold Ø	Potência Motor Diesel Mod. ECJ/EC/CJ	Bomba Jockey Mod. ECJ/EC/CJ
TP-IN02-T 13/30	1,0	110/220	220/380	13	30,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP-IN02-T 18/35	1,5	110/220	220/380	18	35,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP-IN02-T 20/38	2,0	110/220	220/380	20	38,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP-IN02-T 26/40	3,0	110/220	220/380	26	40,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP-IN02-T 30/35	4,0	*	220/380	30	35,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP-IN02-T 32/28	4,0	*	220/380	32	28,0	2.1/2"	5,0 hp	0,5
TP IN02-T 36/36	5,0	*	220/380	36	36,0	2.1/2"	7,0 hp	1,0
TP IN02-T 40/27	5,0	*	220/380	40	27,0	2.1/2"	7,0 hp	1,0
TP IN02-T 45/22	5,0	*	220/380	45	22,0	2.1/2"	7,0 hp	1,0
TP-IN02-T 50/35	7,5	*	220/380	50	35,0	2.1/2"	10,0 hp	1,0
TP-IN02-T 52/30	7,5	*	220/380	52	30,0	2.1/2"	10,0 hp	1,0
TP-IN02-T 54/50	10,0	*	220/380	54	50,0	2.1/2" / 3"	13,0 hp	1,0
TP-IN02-T 60/40	10,0	*	220/380	60	40,0	2.1/2" / 3"	13,0 hp	1,0
TP-IN02-T 60/55	12,5	*	220/380	60	55,0	2.1/2" / 3"	15,0 hp	1,0
TP-IN02-T 30/87	7,5	*	220/380	30	87,0	3"	10,0 hp	0,5
TP-IN02-T 36/90	10,0	*	220/380	36	90,0	3"	13,0 hp	1,0
TP IN02-T 44/90	12,5	*	220/380	44	90,0	3"	15,0 hp	1,0
TP IN02-T 50/90	15,0	*	220/380	50	90,0	3"	22,0 hp	1,0

Fonte: Adaptado de HydroSystem (2024).

5.2.11 Determinação da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis

Seguindo com o dimensionamento, foi feito o cálculo da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis hidráulicamente da Torre A, que se referem às tomadas d'água localizadas mais próximas ao pavimento térreo, conforme pode ser visualizado na Figura 23, disponível no projeto disponível no Apêndice B. Esse cálculo tem como função verificar se o diâmetro selecionado para a coluna de incêndio está adequado para todo o sistema.

Figura 23 - Esquema Vertical Hidrantes mais Favoráveis (Torre B)



Fonte: Elaboração própria (2025).

5.2.11.1 Determinação da vazão hidrante mais favorável (H_x)

Para determinar o cálculo da vazão no ponto X, que se refere ao ponto de conexão do hidrante H_x com a coluna de incêndio, deve-se primeiramente calcular a pressão no ponto X, que é dada pela Equação 53.

$$P_X = P_G + hg_{G-X} - hp_{G-X} \quad (53)$$

Para tanto, deve-se calcular a pressão no ponto G, que se refere ao primeiro hidrante abastecido pela coluna de incêndio por gravidade, dada pela Equação 54. Nesse caso, o cálculo da perda de carga no trecho Rs-G é calculado desconsiderando as conexões em Tê e considerando as demais conexões pois pode ser considerado um trecho reto com perda de carga linear.

$$P_G = hg_{RS-G} + hp_{RS-G} \quad (54)$$

A perda de carga no trecho Rs-G é calculada por meio da fórmula de Hazen-Williams, considerando um coeficiente de 120 de acordo com a NBR 13714 (2000), considerando a vazão dos dois hidrantes mais favoráveis e o comprimento no trecho, conforme demonstrado na Equação 55.

$$J_{RS-G} = 10,65 \cdot Q_{RS-G}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{RS-A}^{-1,87} \quad (55)$$

$$J_{RS-G} = 10,65 \cdot 0,00233^{1,85} \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,08^{-1,87}$$

$$J_{RS-G} = 0,0045 mca$$

Assim, a pressão no ponto G é de:

$$P_G = hg_{RS-G} + hp_{RS-G} = 7,51 + 0,0045 = 7,5145 mca$$

A perda de carga no trecho G-x é calculada por meio da fórmula de Hazen-Williams, considerando um coeficiente de 120 de acordo com a NBR 13714 (2000), considerando a vazão dos dois hidrantes mais favoráveis e o comprimento no trecho, conforme demonstrado na Equação 55.

$$J_{G-X} = 10,65 \cdot Q_{RS-G}^{1,85} \cdot hg_{RS-X} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{RS-A}^{-1,87} \quad (55)$$

$$J_{G-X} = 10,65 \cdot 0,00233^{1,85} \cdot 56,97 \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,08^{-1,87}$$

$$J_{G-X} = 0,2566 \text{ mca}$$

Logo, a pressão no ponto X é igual a:

$$P_X = P_G + hg_{G-X} - hp_{G-X} = 7,5145 + 56,97 - 0,2566 = 64,23 \text{ mca}$$

Após o cálculo da pressão no ponto G é possível seguir com o cálculo da pressão no Ponto X, dada pela Equação 20 e, por fim, pode-se calcular a vazão no ponto X, conforme a Equação 56.

$$Q_{Hx} = K \cdot \sqrt{P_X} = 4,75 \cdot \sqrt{642,3} = 120,30 \text{ l/min} \quad (56)$$

5.2.11.2 Determinação da vazão hidrante mais favorável (H_Y)

Assim como no cálculo da vazão no ponto X, para o ponto Y deve-se primeiramente calcular a pressão no ponto Y, demonstrada na Equação 57.

$$P_Y = P_X + hg_{X-Y} - hp_{X-Y} \quad (57)$$

A perda de carga no trecho X-Y é calculada por meio da fórmula de Hazen-Williams, considerando um coeficiente de 120 de acordo com a NBR 13714 (2000), conforme Equação 58.

$$J_{RS-G} = 10,65 \cdot Q_{X-Y}^{1,85} \cdot hg_{X-Y} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{X-Y}^{-1,87} \quad (58)$$

$$J_{RS-G} = 10,65 \cdot 0,00201^{1,85} \cdot 2,88 \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,08^{-1,87}$$

$$J_{RS-G} = 0,0098 \text{ mca}$$

Logo, a pressão no ponto Y é de:

$$P_Y = P_X + hg_{X-Y} - hp_{X-Y} = 64,23 + 2,88 - 0,0098 = 67,10 \text{ mca}$$

Por fim, a vazão no ponto Y é calculada considerando o fator K utilizado nas demais determinações de vazão, conforme demonstrado na Equação 59.

$$Q_{Hx} = K \cdot \sqrt{P_X} = 4,75 \cdot \sqrt{671} = 122,96 \text{ l/min} \quad (59)$$

5.2.11.3 Verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio

De acordo com a NBR 13.714 (2000) a velocidade do escoamento d'água na coluna de incêndio não pode ultrapassar 5m/s e, para garantir o atendimento a essa diretriz, foi feita a verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio considerando os hidrantes onde tem-se a maior vazão, ou seja, H_X e H_Y funcionando simultaneamente, conforme Equação 60.

$$Q_{CI} = Q_{Hy} + Q_{Hx} = 120,30 + 122,96 = 243,26 \text{ l/min} \quad (60)$$

Assim, pode-se calcular a velocidade de escoamento d'água na coluna de incêndio, de acordo com a Equação 61. Após o cálculo, caso o valor obtido seja menor que 5m/s pode-se adotar para a coluna de incêndio o mesmo diâmetro utilizado para os ramais de incêndio e, caso contrário, deve-se adotar o diâmetro comercial imediatamente superior para mitigar o excesso de velocidade.

$$v_{CI} = \frac{Q_{CI}}{A_{CI}} = \frac{0,00405}{\pi \cdot \frac{0,065^2}{4}} = 1,22 \text{ m/s} \quad (61)$$

Sendo assim, foi utilizado o diâmetro de 65 para todos os ramais de hidrantes da edificação.

6 RECOMENDAÇÕES GERAIS

Para assegurar a eficiência e a durabilidade do Sistema Hidráulico Preventivo projetado, recomenda-se que sejam observadas as seguintes práticas de operação e manutenção, em conformidade com a IN 07 do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2024) e com a NBR 13714 (2020):

- a) Inspeção periódica do sistema: As inspeções devem ser realizadas com frequência mínima semestral, verificando-se o estado de conservação das tubulações, válvulas, conexões, abrigos e suportes, bem como a integridade da pintura e sinalização. Eventuais danos, corrosão ou vazamentos devem ser sanados imediatamente.
- b) Testes de funcionalidade: Conforme recomenda a IN 07 (2024), deve-se realizar o ensaio de funcionamento dos hidrantes, com abertura das válvulas para verificação da vazão e da pressão estática e dinâmica em pontos representativos, garantindo a manutenção das condições de projeto.
- c) Manutenção preventiva das bombas de reforço: As bombas de reforço instaladas nas torres A e B devem ser testadas periodicamente para verificação de partida automática e manual, desempenho hidráulico e estanqueidade das conexões. O intervalo máximo entre testes deve seguir o cronograma de manutenção previsto pelo fabricante do equipamento.
- d) Verificação da Reserva Técnica de Incêndio (RTI): A RTI deve permanecer constantemente abastecida, com inspeções mensais para assegurar o nível mínimo de água e o funcionamento adequado dos registros e válvulas de retenção. A limpeza dos reservatórios deve ser realizada conforme plano de manutenção predial, sem comprometer a disponibilidade mínima de água exigida pela IN 07/2024 (CBMSC).
- e) Conservação dos abrigos e mangueiras: Os abrigos devem ser mantidos desobstruídos, com fácil acesso e devidamente sinalizados. As mangueiras devem ser secas e enroladas em zigue-zague após cada uso ou teste, sendo substituídas imediatamente em caso de desgaste, deformação ou vazamento, de acordo com os critérios da NBR 11861 e da NBR 13714.

- f) Registro de manutenção: Deve ser mantido um livro de inspeção e manutenção do sistema preventivo, contendo registros datados das vistorias, ensaios e manutenções realizadas, bem como dos responsáveis técnicos, em conformidade com o previsto na IN 01/2024 – Parte 2 (CBMSC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16021**:2011. Válvula e acessórios para hidrante — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16870**:2020. Abrigos para mangueiras de incêndio e acessórios — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13714**:2000. Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

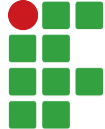
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **IN 1 – Parte 2: Conceitos e critérios técnicos**. Florianópolis: CBMSC, 2024b. 47 p.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **IN 3: Carga de Incêndio**. Florianópolis: CBMSC, 2024c. 16 p.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **IN 7: Sistema hidráulico preventivo - SHP**. Florianópolis: CBMSC, 2024e. 23 p.

HYDROSYSTEM. Catálogo de Bombas e Pressurizadores – Linha TP-IN Predial. Florianópolis: Hydrosystem Bombas, 2024. Disponível em: https://www.hydrosystembr.com/_files/ugd/ddea6e_7575fac7728e4dc8b0fb19816da87695.pdf. Acesso em: 21 nov. 2025.

APÊNDICE B



INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

Projeto desenvolvido no
Trabalho de Conclusão de Curso da aluna

MANUELLA BASTOS MACHADO

Sob orientação da
Profa. Dra. Ana Paula Pupo

Para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil

Título do trabalho

"APLICAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO
DE INCÊNDIO PARA UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR VERTICAL DE USO MISTO,
LOCALIZADA NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS/SC."

Florianópolis/2025.

projeto

**PROJETO HIDRÁULICO
PREVENTIVO**

PE | R00

identificação

SISTEMA DE HIDRANTES

obra

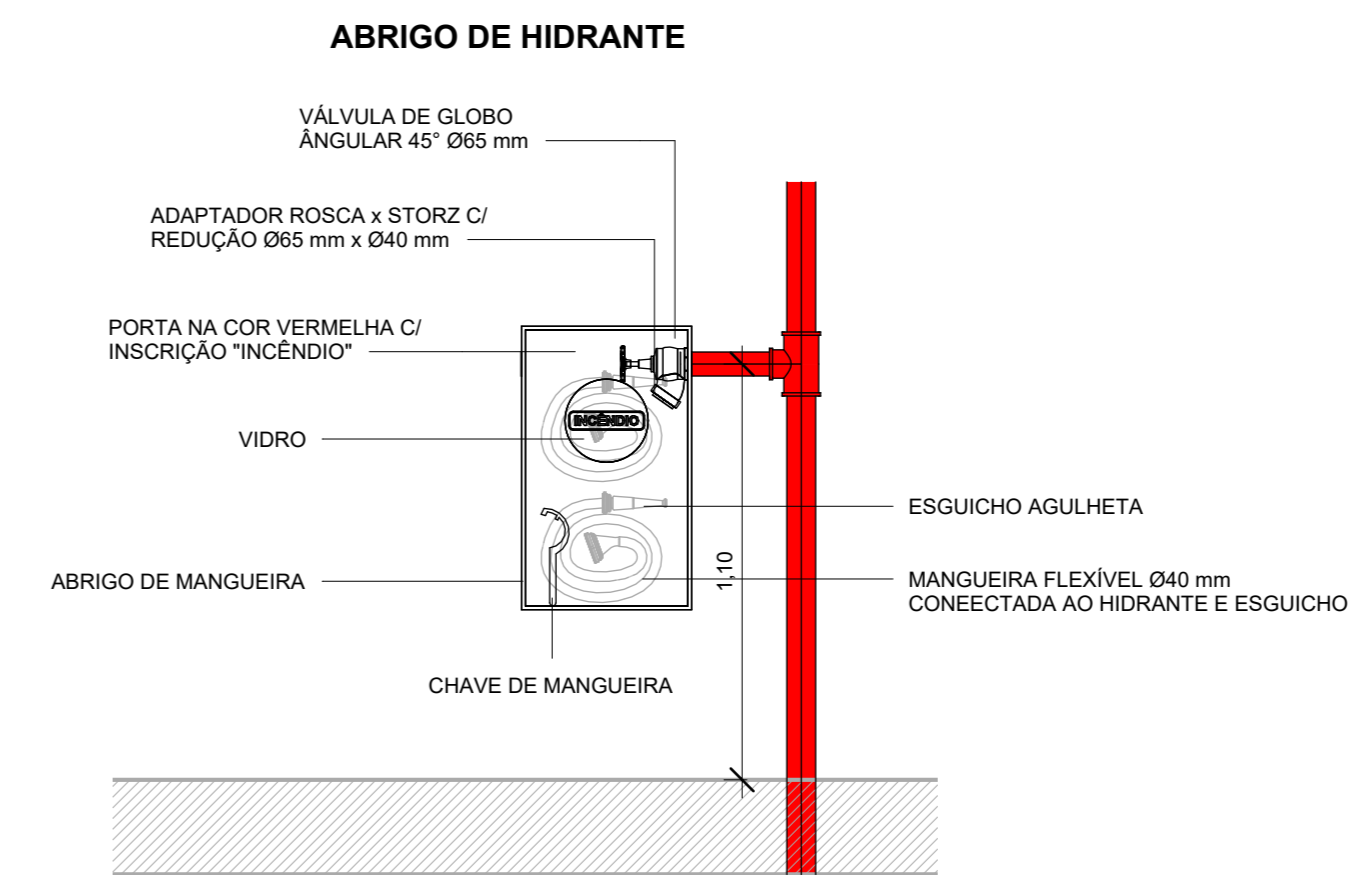
OBRA 01

endereço

**Av. Mauro Ramos, 950 -
Centro, Florianópolis -
SC, 88020-300**

projetista

Manuella Bastos Machado



DADOS DA OBRA

Área total da construção: 43.347,81 m² Altura: 48,05 m Tipo de construção: Concreto armado

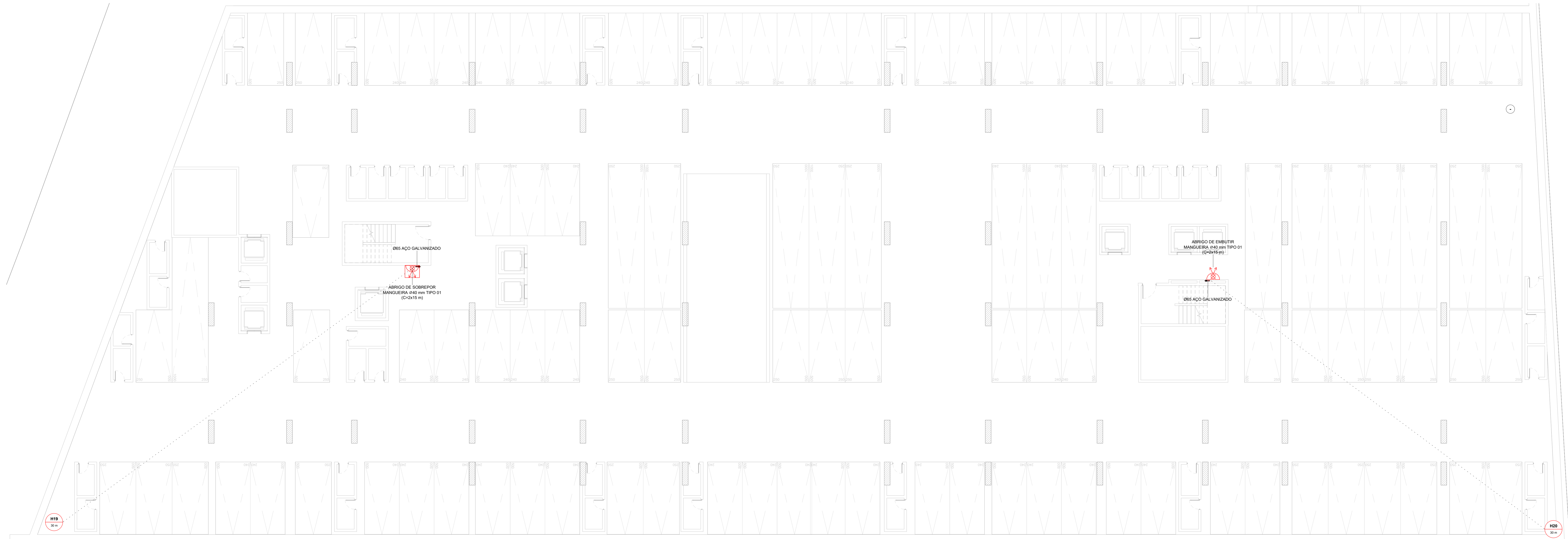
Pavimento	Divisão	Destinação	Repetições	Área construída (m ²)	Carga de incêndio (MJ/m ²)	Classe de risco
Subsolos	A-2	RESIDENCIAL	4	3.572,75	< 300	baixo
Térreo	A-2	COMERCIAL	1	2.844,97	< 300	baixo
Mezanino	A-2	COMERCIAL	1	908,16	< 300	baixo
2º Pavimento	A-2	RESIDENCIAL	1	1.816,32	< 300	baixo
Tipos	A-2	RESIDENCIAL	12	1.806,72	< 300	baixo
Atico	A-2	RESIDENCIAL	1	1.806,72	< 300	baixo

Quadro de áreas
1 : 10

SIMBOLOGIA

- Hidrante embutido 2 metros de mangueira 15 m
- Hidrante sobrepôr 2 metros de mangueira 15 m
- Hidrante de recalque aparente
- Tubulação de aço galvanizado
- HYY - Alcance (yy) - Numeração do hidrante
- Alcance máximo da mangueira
- Bomba de Incêndio

Simbologia
1 : 10



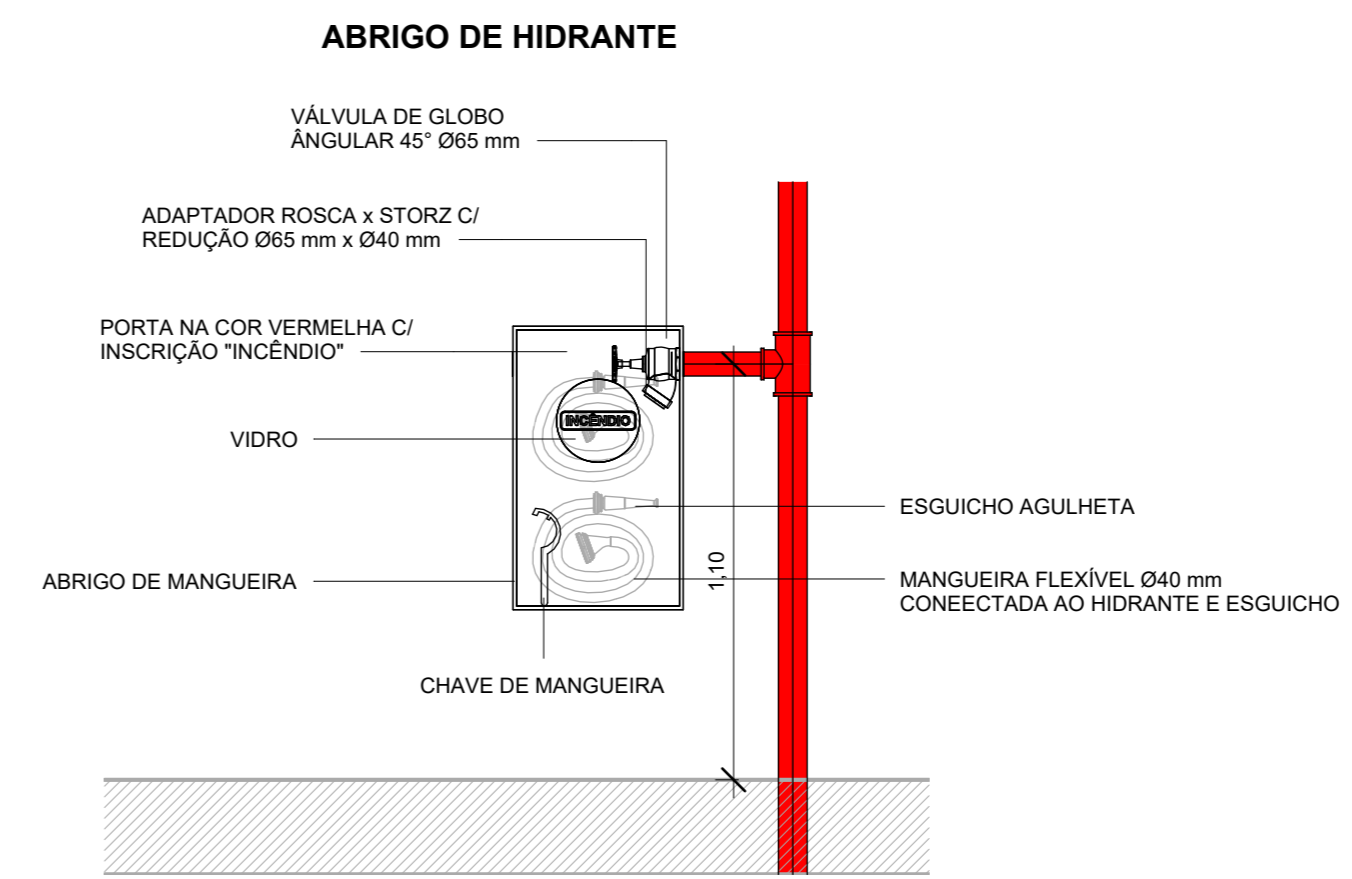
1 | PLANTA BAIXA-PS3 A/PS4 B
1 : 100

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Florianópolis

OBRA 01
ENDEREÇO DA OBRA: Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

PROFESSOR RESPONSÁVEL	PROFESSOR	ASSINATURA
SISTEMA DE HIDRANTES	CREA	ASSINATURA
PROJETO	CREA	ASSINATURA
Manuela Bastos Machado	CREA	Manuela Bastos Machado

RESPONSÁVEL RELACIÃO	COMPUTAÇÃO GRÁFICA	CODIGO	DATA	PRONDA
Manuela Bastos Machado	Autor	01		01
CONSULTOR DO PROJETO	ESCALA	REVISÃO	DIÁRIA	
Manuela Bastos Machado	Como Indicado		PE	



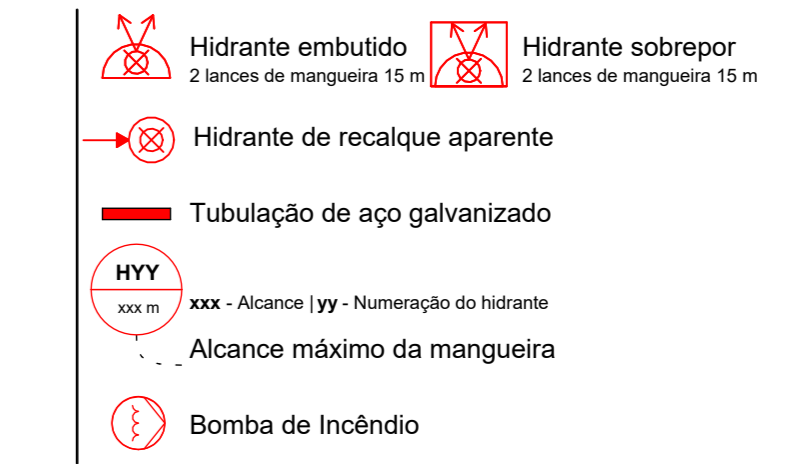
DADOS DA OBRA

Área total da construção: 43.347,81 m² Altura: 48,05 m Tipo de construção: Concreto armado

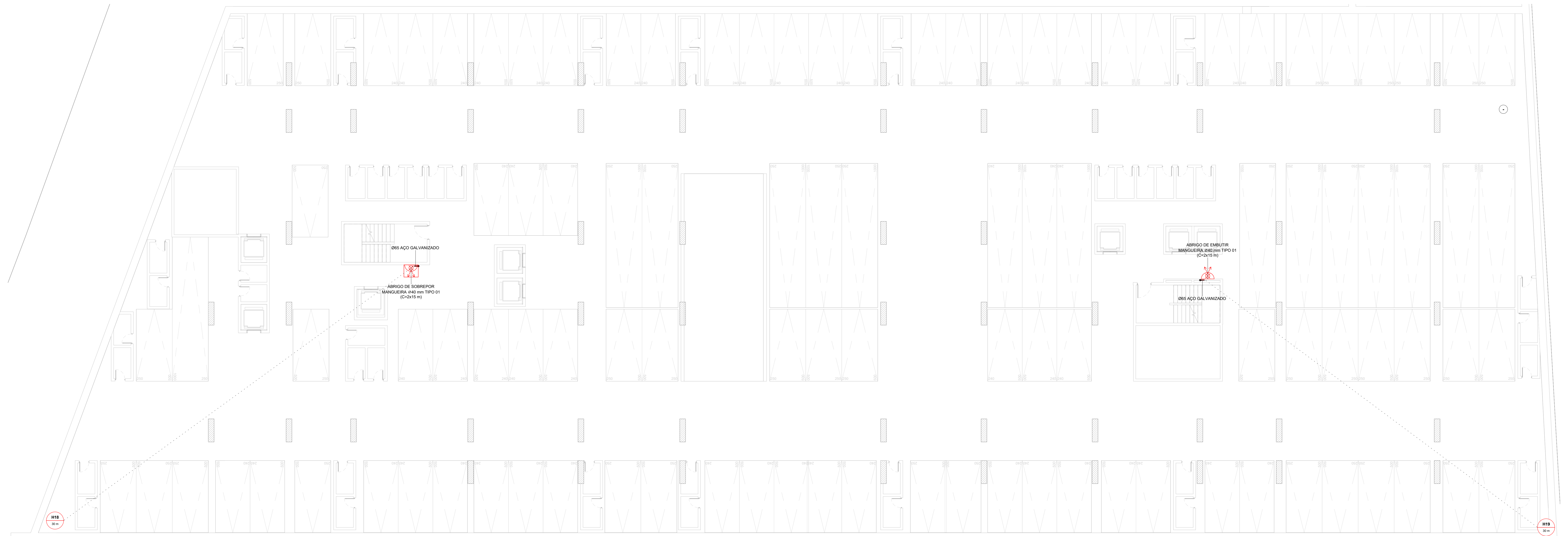
Pavimento	Divisão	Destinação	Repetições	Área construída	Carga de incêndio	Classe de risco
Subsolos	A-2	RESIDENCIAL	4	3.572,75 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Térreo	A-2	COMERCIAL	1	2.844,97 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Mezanino	A-2	COMERCIAL	1	908,16 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
2º Pavimento	A-2	RESIDENCIAL	1	1.816,32 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Tipos	A-2	RESIDENCIAL	12	1.806,72 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Ático	A-2	RESIDENCIAL	1	1.806,72 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo

Quadro de áreas
1 : 10

SIMBOLOGIA



Simbologia
1 : 10



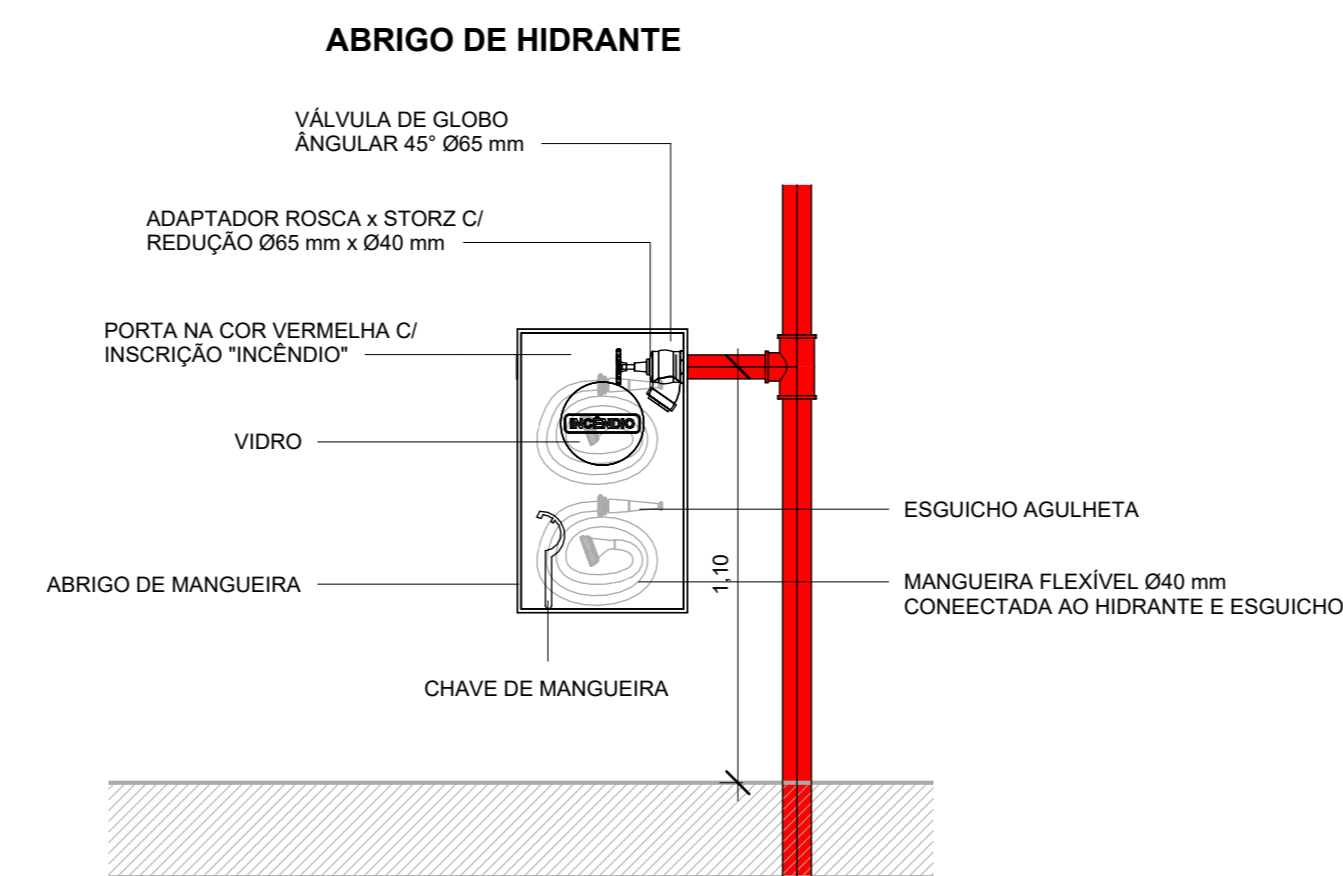
1 PLANTA BAIXA-PS2 A/PS3 B
1 : 100

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Florianópolis

OBRA 01
NOME DA OBRA: Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	PROFICIÊNCIA	ASSINATURA
PROJETO	CREA	ASSINATURA
Manuela Bastos Machado	CREA	

DESCRIÇÃO	COMPUTAÇÃO GRÁFICA	CODIGO	DATA	PRONDA
RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	Autor	01		
CONFEITO DO PROJETO	REVISOR			
Manuela Bastos Machado	Como Indicado			02



DADOS DA OBRA

Área total da construção: 43.347,81 m² Altura: 48,05 m Tipo de construção: Concreto armado

Pavimento	Divisão	Destinação	Repetições	Área construída	Carga de incêndio	Classe de risco
Subsolos	A-2	RESIDENCIAL	4	3.572,75 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Térreo	A-2	COMERCIAL	1	2.844,87 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Mezanino	A-2	COMERCIAL	1	908,16 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
2º Pavimento	A-2	RESIDENCIAL	1	1.816,32 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Tipos	A-2	RESIDENCIAL	12	1.806,72 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Ático	A-2	RESIDENCIAL	1	1.806,72 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo

Quadro de áreas

1 : 10

SIMBOLOGIA

- Hidrante embutido
2 lances de mangueira 15 m
- Hidrante sobrepor
2 lances de mangueira 15 m
- Hidrante de recalque aparente
- Tubulação de aço galvanizado
- HYY
xxx - Alçada (yy - Nomenclatura do hidrante)
- Alcance máximo da mangueira
- Bomba de Incêndio

Simbologia

1 : 10



1 | PLANTA BAIXA-PS1 A/PS2 B
1 : 100

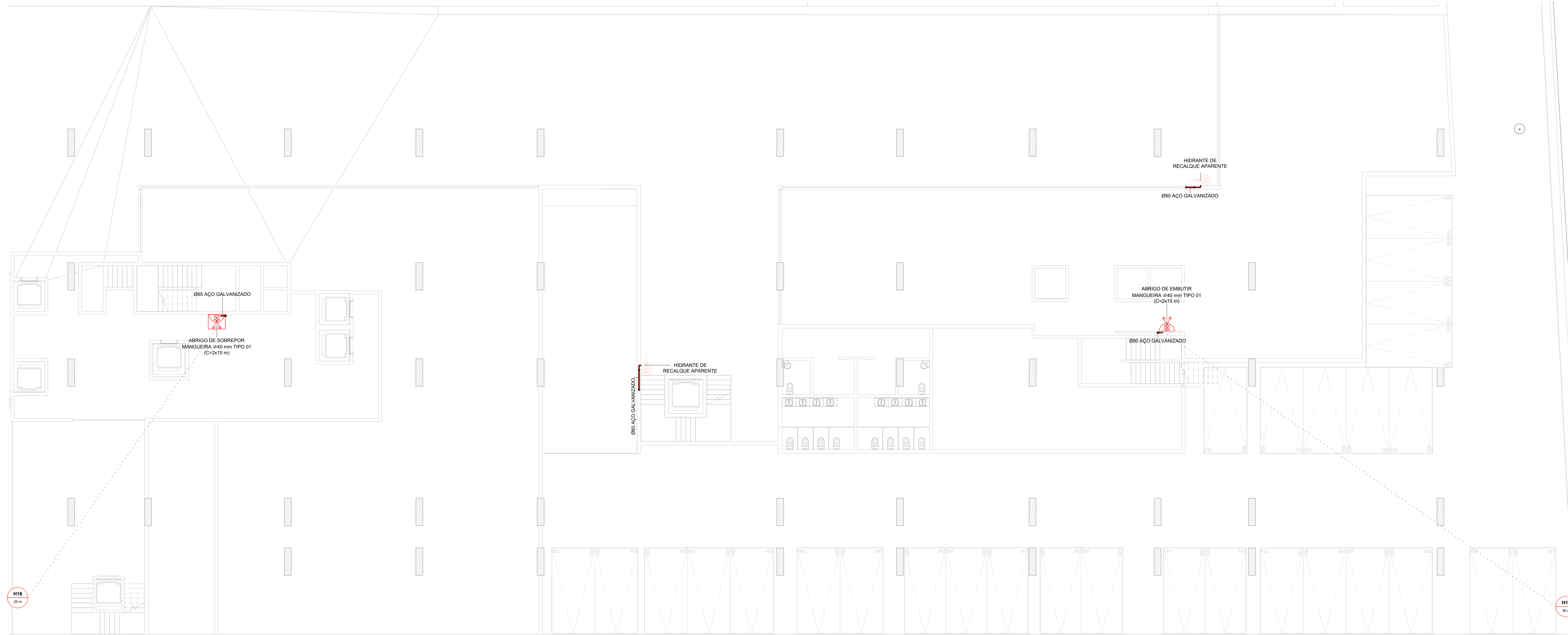
INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Florianópolis

OBRA 01

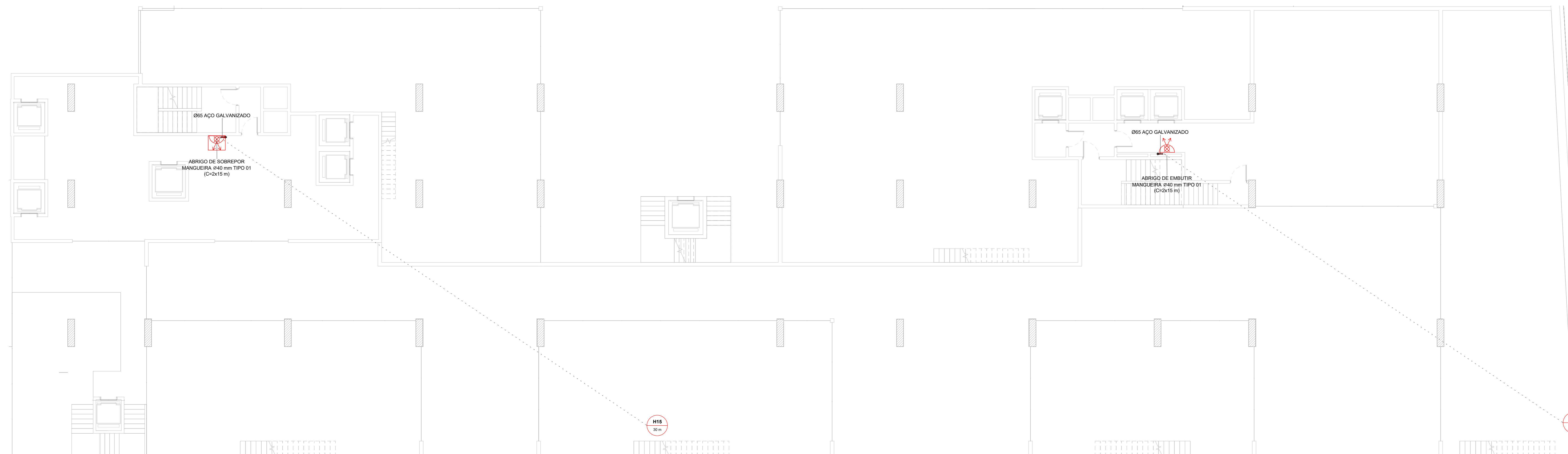
ENDEREÇO DA OBRA
Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	PROFICENTY	ASSINATURA
PROJETO	CREA	ASSINATURA
Manuela Bastos Machado	CREA	

DESCRIÇÃO	COMPUTAÇÃO GRÁFICA	CODIGO	DATA	PRONDA
PLANTA BAIXA - PS1 A/PS2 B	Autor	01		
RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	PROJETO			
Manuela Bastos Machado	Como Indicado			03



1 PLANTA BAIXA-P01 A/PS1 B
1 : 100



2 PLANTA BAIXA-P02 A/P01 B
1 : 100

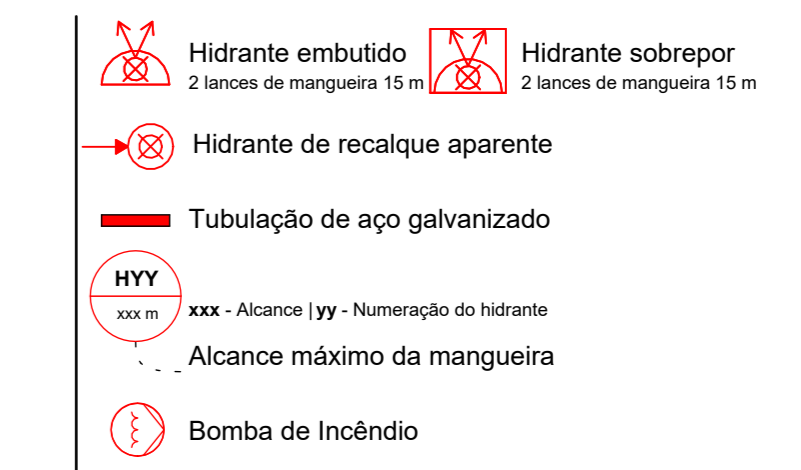
DADOS DA OBRA

Área total da construção: 43.347,81 m² Altura: 48,05 m Tipo de construção: Concreto armado

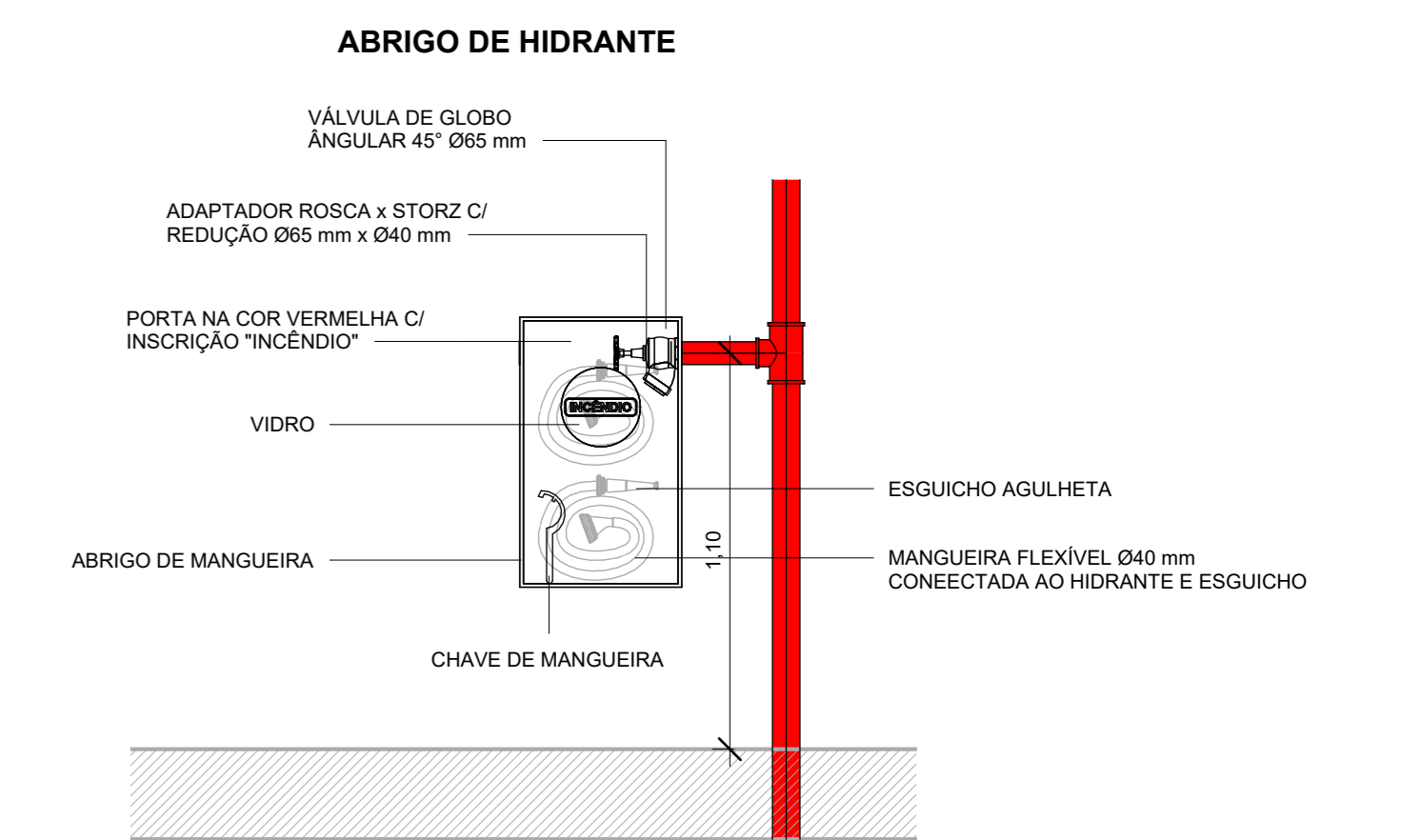
Pavimento	Divisão	Destinação	Repetições	Área construída	Carga de incêndio	Classe de risco
Subsolos	A-2	RESIDENCIAL	4	3.572,75 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Térreo	A-2	COMERCIAL	1	2.844,97 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Mezanino	A-2	COMERCIAL	1	908,16 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
2º Pavimento	A-2	RESIDENCIAL	12	1.816,32 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Tipos	A-2	RESIDENCIAL	11	1.806,72 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Ático	A-2	RESIDENCIAL	1	1.806,72 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo

Quadro de áreas
1 : 10

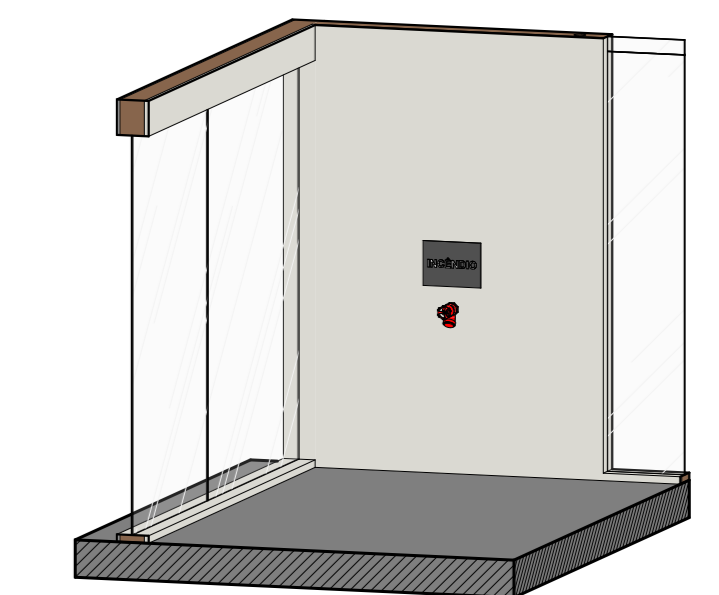
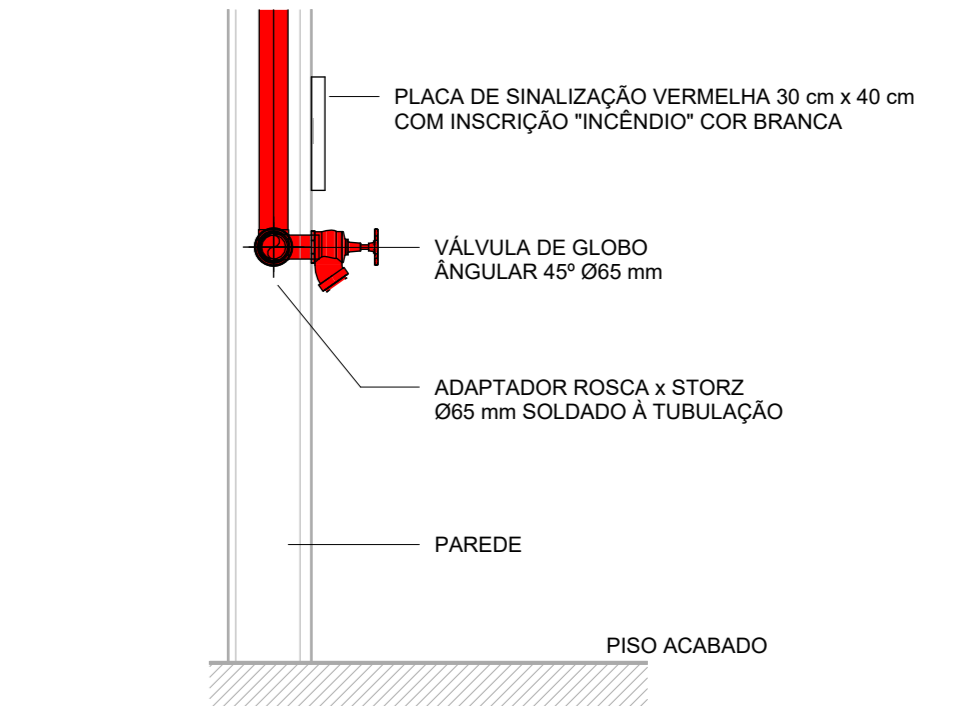
SIMBOLOGIA



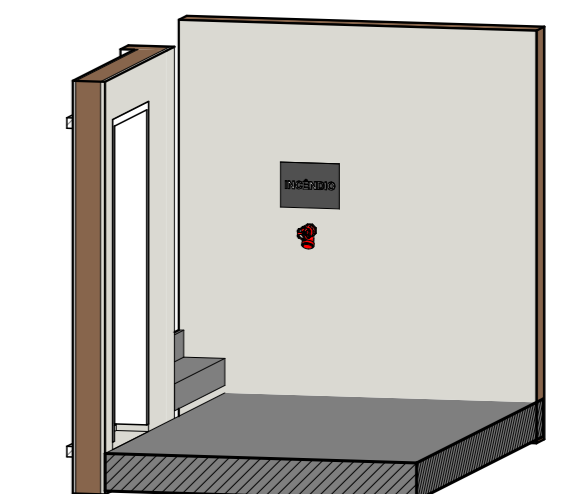
Simbologia
1 : 10



HIDRANTE DE RECALQUE APARENTE



5 SH-P-TORRE A-HIDRANTE DE RECALQUE



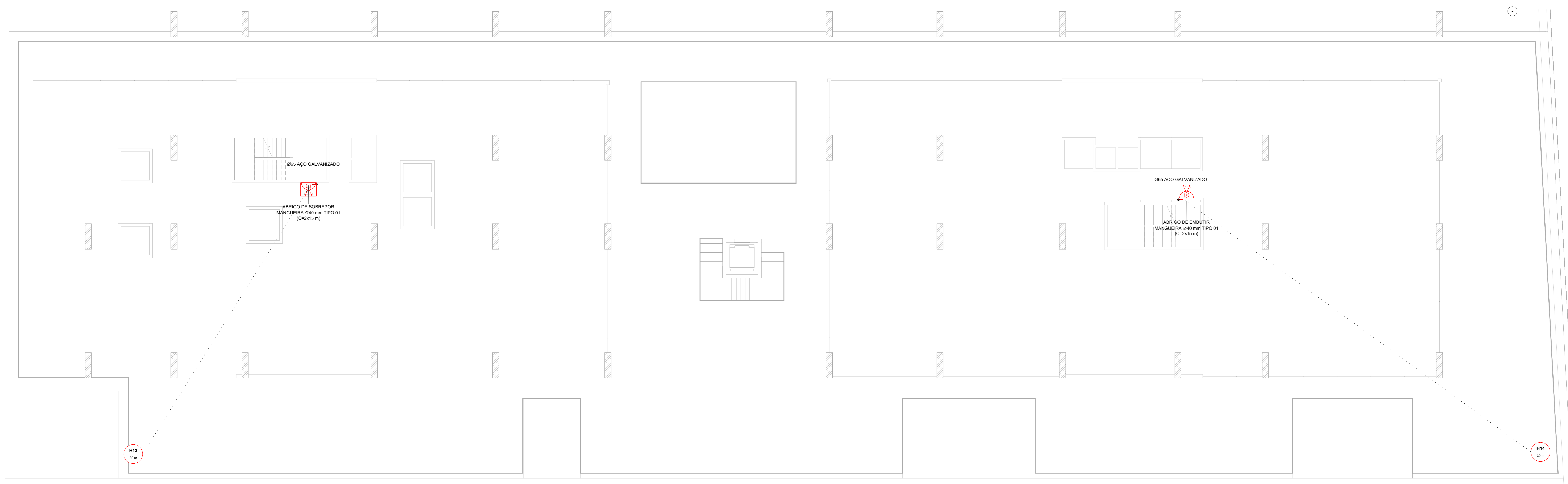
6 SH-P-TORRE B-HIDRANTE DE RECALQUE



OBRA 01
Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

PROJETO	CREA	ASSINATURA
Manuela Bastos Machado	CREA	ASSINATURA

RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	COMPUTAÇÃO GRÁFICA	CODIGO	DATA	PRONDA
Manuela Bastos Machado	Autor	01		04
Manuela Bastos Machado	Como Indicado			PE



1 PLANTA BAIXA-P03 A/P02 B
1 : 100

DADOS DA OBRA

Área total da construção: 43.347,81 m² Altura: 48,05 m Tipo de construção: Concreto armado

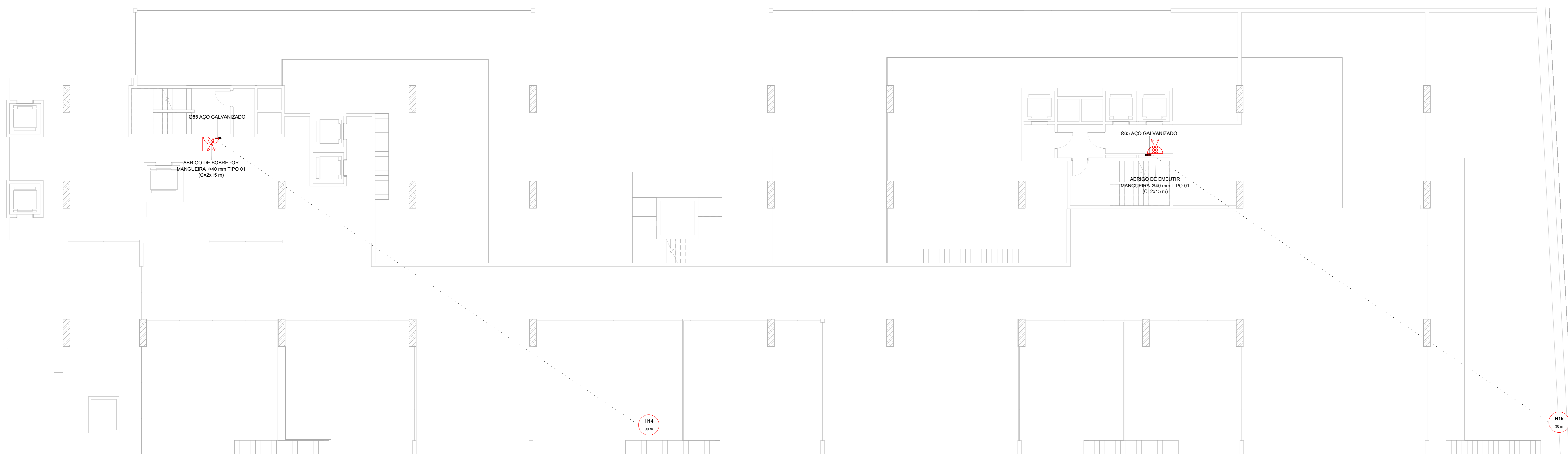
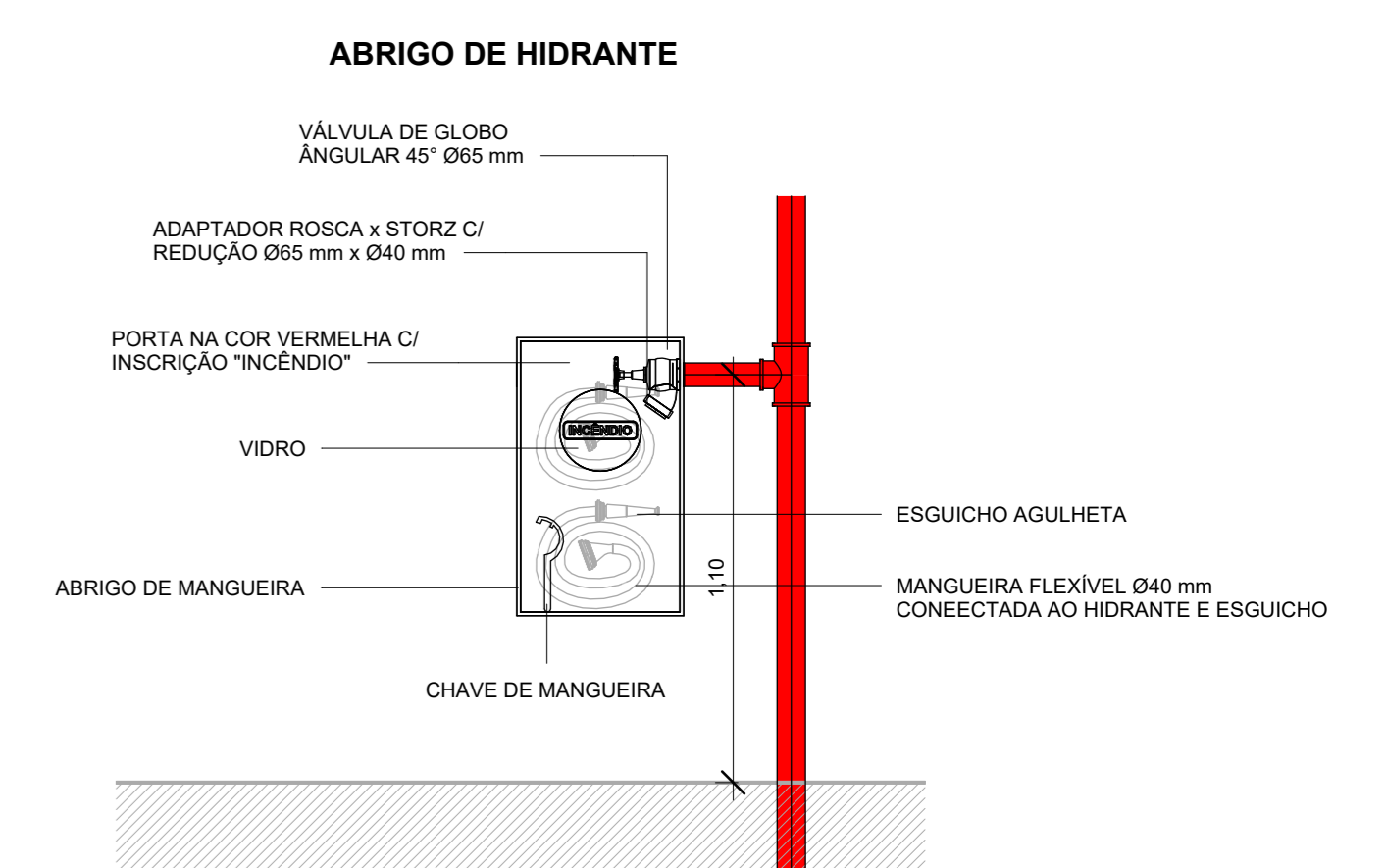
Pavimento	Divisão	Destinação	Repetições	Área construída (m ²)	Carga de incêndio (MJ/m ²)	Classe de risco
Subsolos	A-2	RESIDENCIAL	4	3.572,75	< 300	baixo
Térreo	A-2	COMERCIAL	1	2.844,07	< 300	baixo
Mezanino	A-2	COMERCIAL	1	908,16	< 300	baixo
2º Pavimento	A-2	RESIDENCIAL	1	1.816,32	< 300	baixo
Tipos	A-2	RESIDENCIAL	12	1.806,72	< 300	baixo
Ático	A-2	RESIDENCIAL	1	1.806,72	< 300	baixo

Quadro de áreas
1 : 10

SIMBOLOGIA

- Hidrante embutido 2 metros de mangueira 15 m
- Hidrante sobrepôr 2 metros de mangueira 15 m
- Hidrante de recalque aparente
- Tubulação de aço galvanizado
- HY - Alcance (yy) - Numeração do hidrante
- Alcance máximo da mangueira
- Bomba de Incêndio

Simbologia
1 : 10



2 PLANTA BAIXA-MEZANINO
1 : 100

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Florianópolis

OBRA 01

ENDEREÇO DA OBRA: Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	OPRECON	ASSINATURA
PROJETO	CREA	ASSINATURA
Manuella Bastos Machado	CREA	

DESCRIÇÃO	COMPUTAÇÃO GRÁFICA	CODIGO	DATA	PRONDA
PLANTA BAIXA - P03 A/P02 B/MEZANINO	Autor	01		
RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	OPRECON			
Manuella Bastos Machado	Autor	01		
CONTA DO PROJETO	OPRECON			
Manuella Bastos Machado	Como Indicado			
				05

DADOS DA OBRA

Área total da construção: 43.347,81 m² Altura: 48,05 m Tipo de construção: Concreto armado

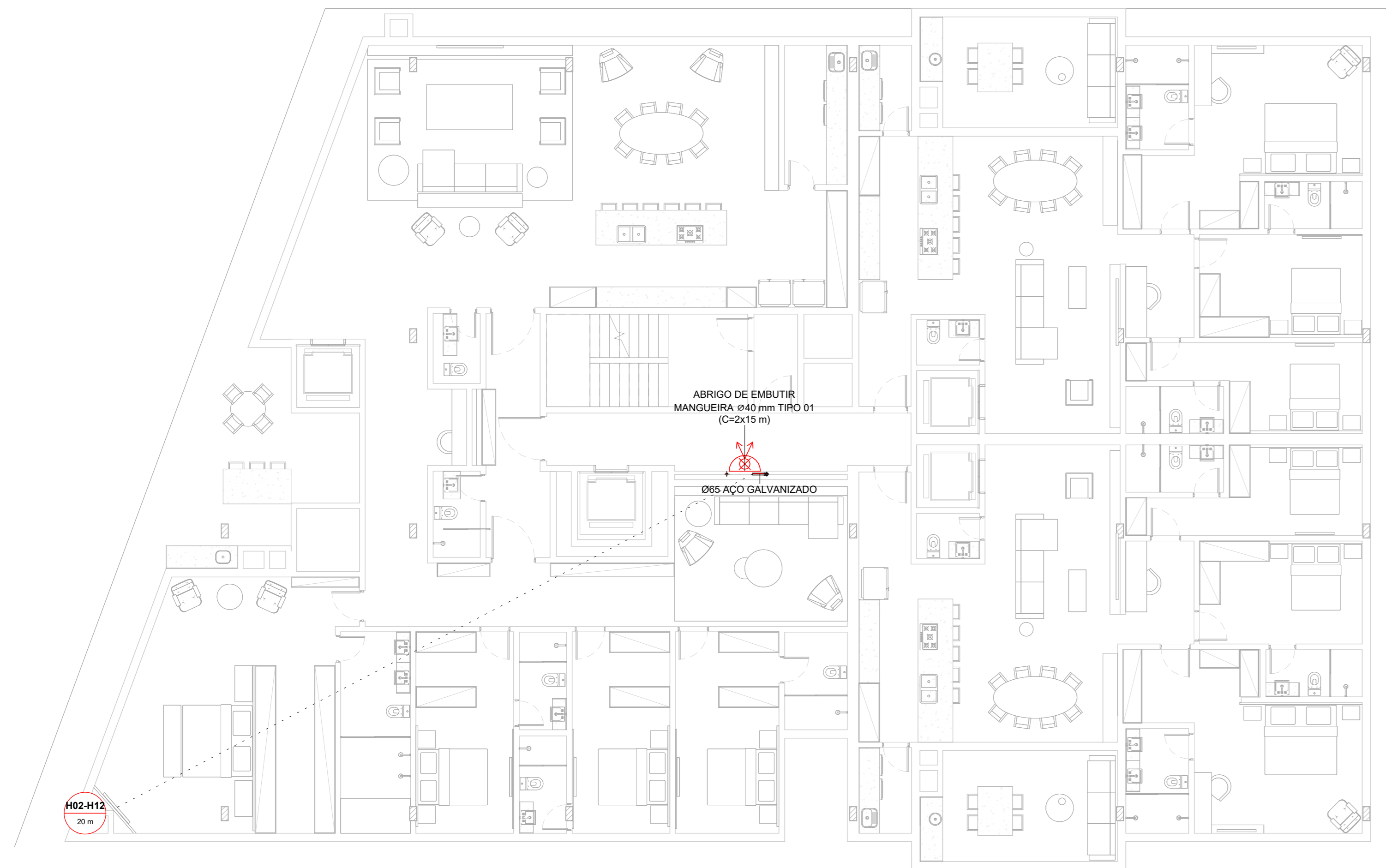
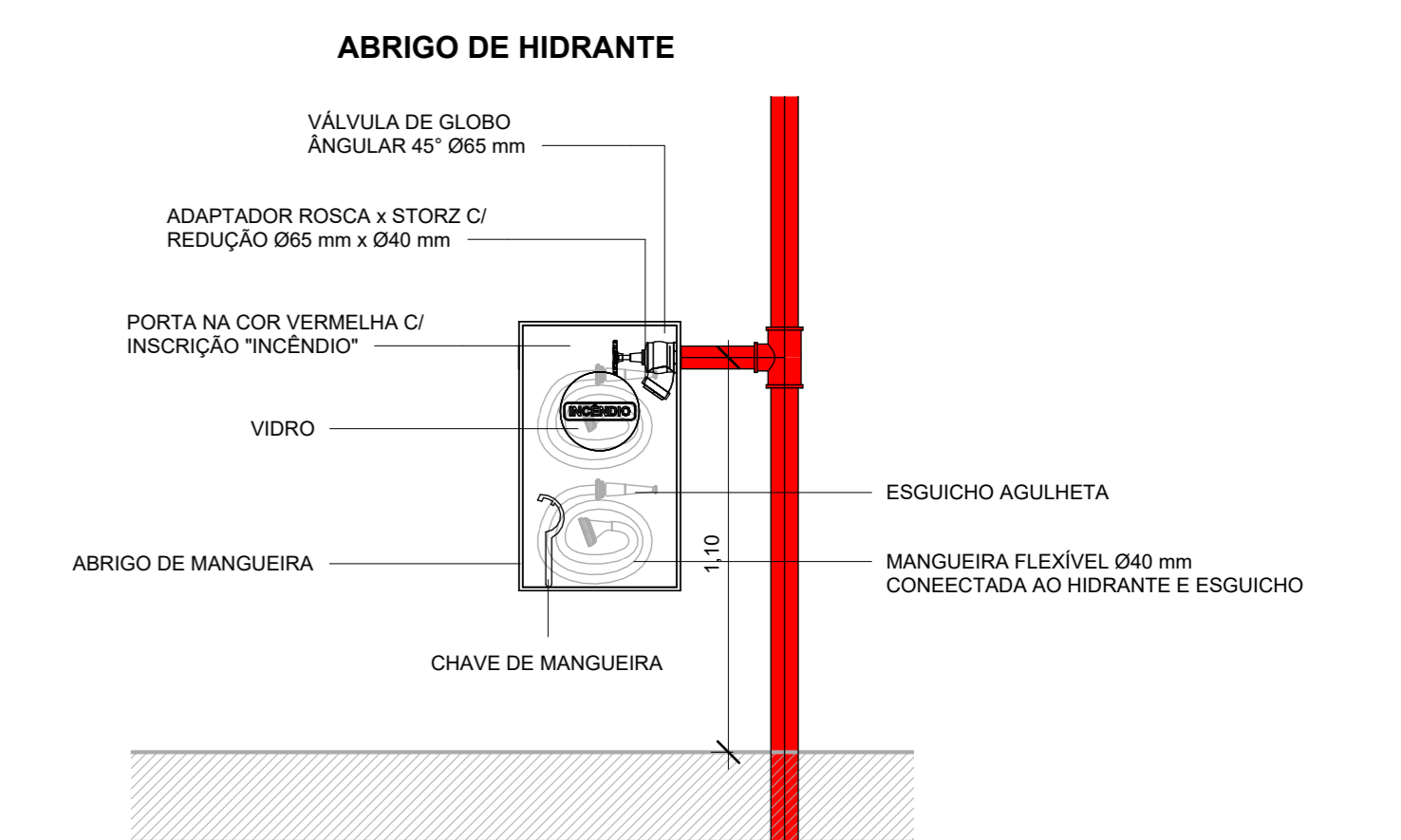
Pavimento	Divisão	Destinação	Repetições	Área construída	Carga de incêndio	Classe de risco
Subsolos	A-2	RESIDENCIAL	4	3.572,75 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Térreo	A-2	COMERCIAL	1	2.844,97 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Mezanino	A-2	COMERCIAL	1	908,16 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
2º Pavimento	A-2	RESIDENCIAL	1	1.816,32 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Tipos	A-2	RESIDENCIAL	12	1.806,72 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo
Ático	A-2	RESIDENCIAL	1	1.806,72 m ²	< 300 MJ/m ²	baixo

Quadro de áreas
1 : 10

SIMBOLOGIA

- Hidrante embutido 2 metros de mangueira 15 m
- Hidrante sobrepor 2 metros de mangueira 15 m
- Hidrante de recalque aparente
- Tubulação de aço galvanizado
- xxx - Alcanos (yy - Numeração do hidrante)
- Alcance máximo da mangueira
- Bomba de Incêndio

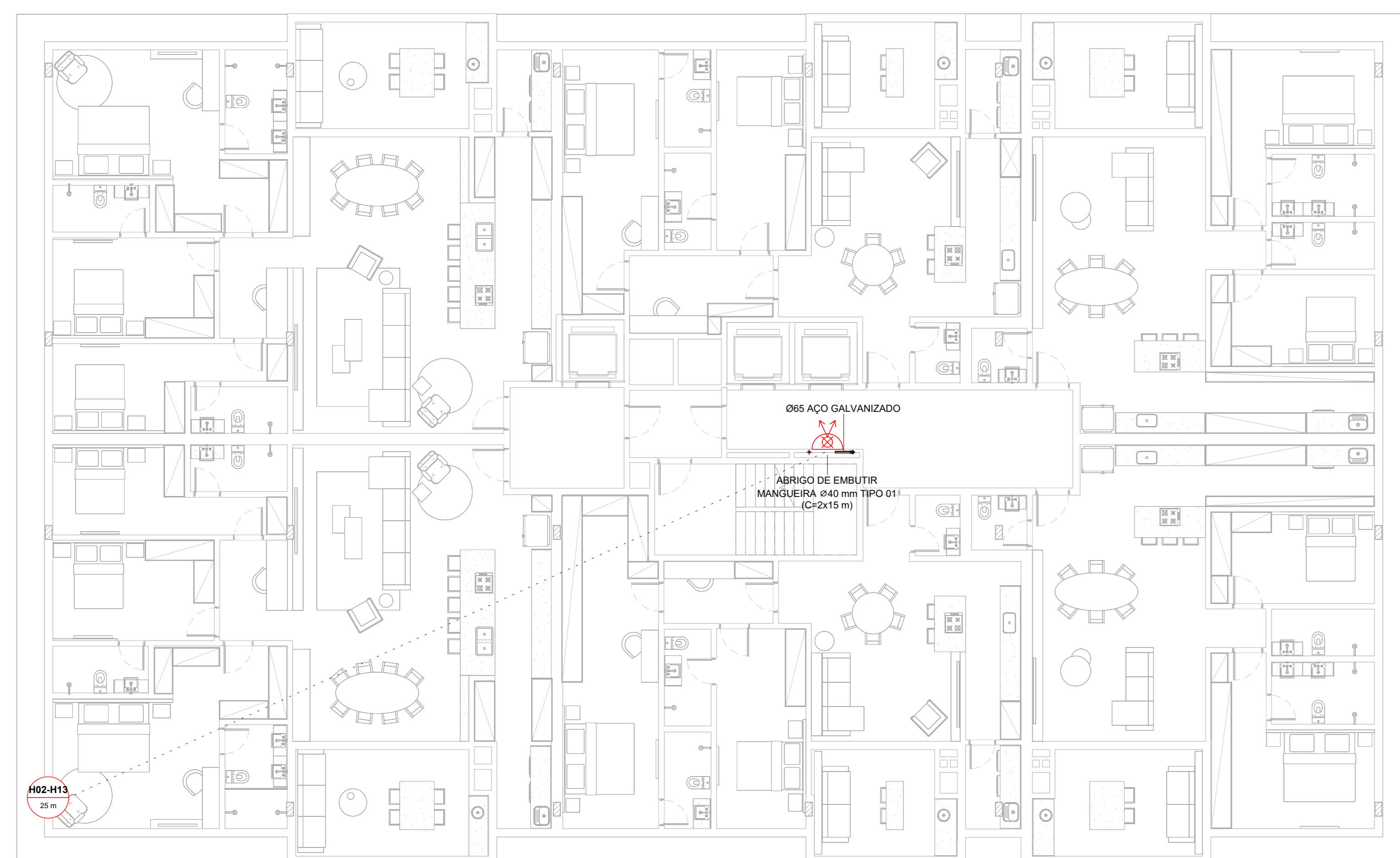
Simbologia
1 : 10



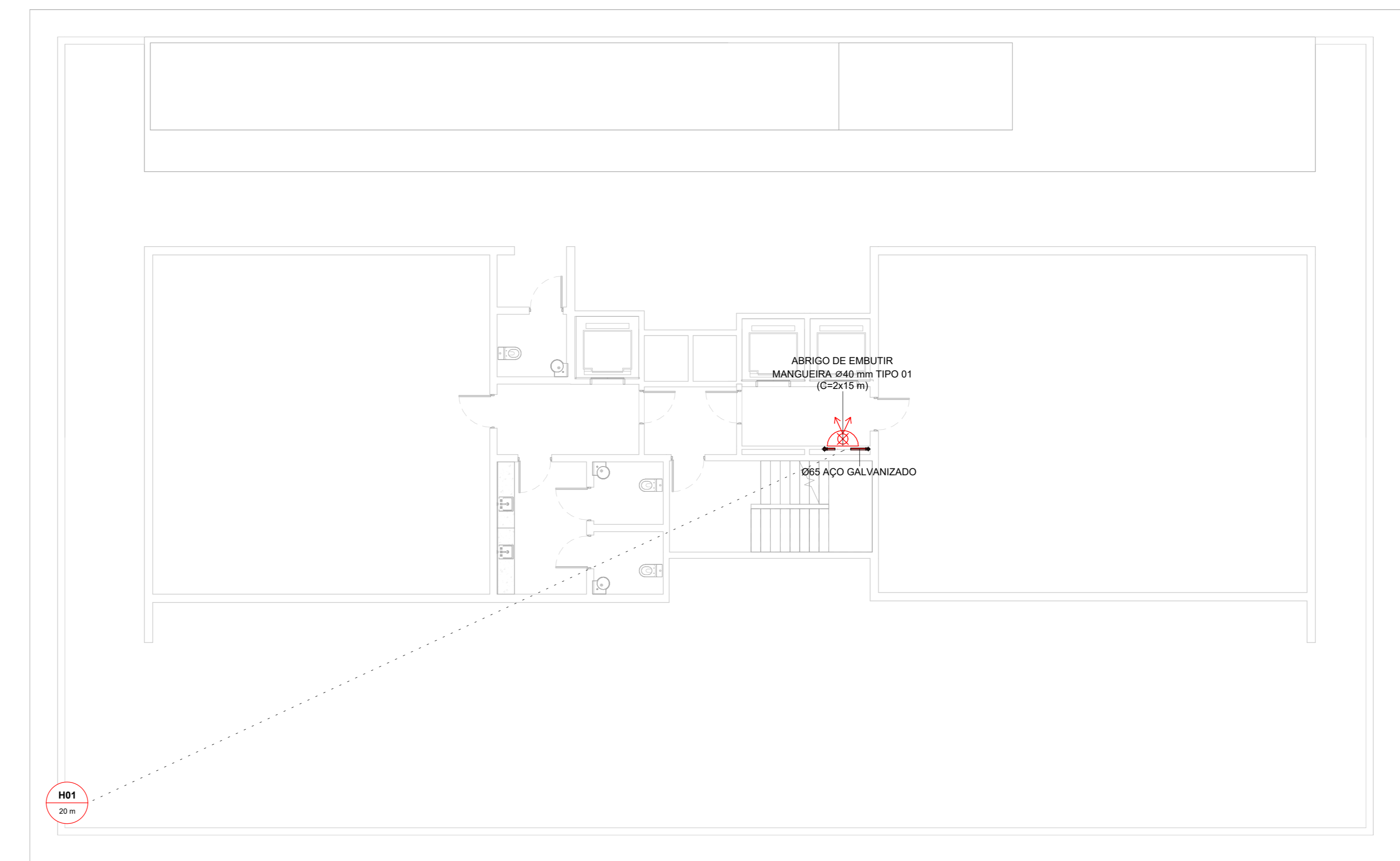
1 PLANTA BAIXA-TORRE A-TIPO
1 : 100



2 PLANTA BAIXA-TORRE A-ÁTICO
1 : 100



3 PLANTA BAIXA-TORRE B-TIPO
1 : 100



4 PLANTA BAIXA-TORRE B-ÁTICO
1 : 100



INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Florianópolis

OBRA 01

AV. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

RESPONSÁVEL	PROJETO	REVISÃO	DATA	ASSINATURA
SISTEMA DE HIDRANTES	CREA	ASSINATURA		
PROJETO	CREA	ASSINATURA		
Manuela Bastos Machado	CREA	ASSINATURA		

RESPONSÁVEL	PROJETO	REVISÃO	DATA	ASSINATURA
PLANTA BAIXA - TIPO-ÁTICO A/TIPO-ÁTICO B	CREA	ASSINATURA		
Manuela Bastos Machado	CREA	ASSINATURA		
Manuela Bastos Machado	CREA	ASSINATURA		

DADOS DA OBRA

Área total da construção: 43.347,81 m² Altura: 48,05 m Tipo de construção: Concreto armado

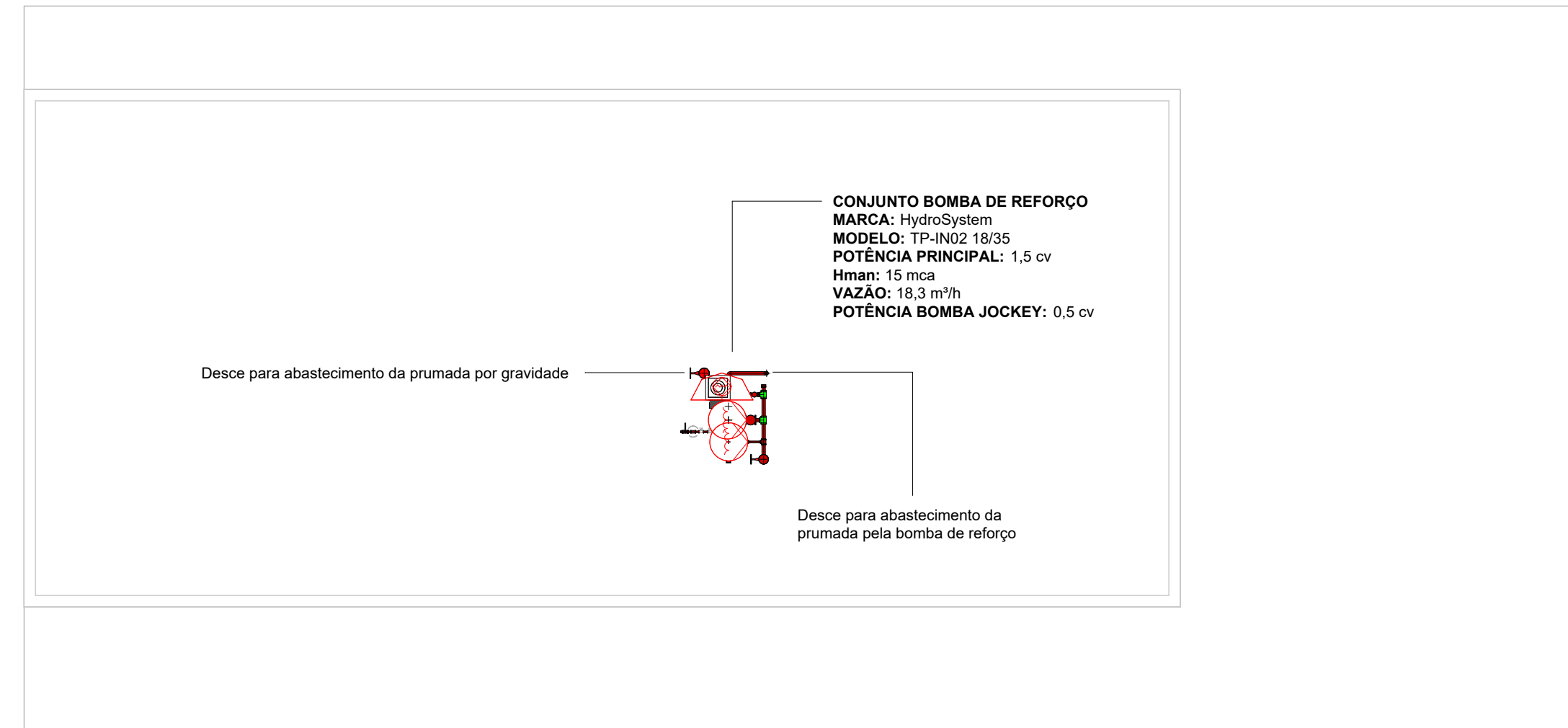
Pavimento	Divisão	Destinação	Repetições	Área construída	Carga de incêndio	Classe de risco
Subsolos	A-2	RESIDENCIAL	4	3.572,75 m²	< 300 MJ/m²	baixo
Térreo	A-2	COMERCIAL	1	2.844,97 m²	< 300 MJ/m²	baixo
Mezanino	A-2	COMERCIAL	1	908,16 m²	< 300 MJ/m²	baixo
2º Pavimento	A-2	RESIDENCIAL	1	1.816,32 m²	< 300 MJ/m²	baixo
Tipos	A-2	RESIDENCIAL	12	1.806,72 m²	< 300 MJ/m²	baixo
Ático	A-2	RESIDENCIAL	1	1.806,72 m²	< 300 MJ/m²	baixo

Quadro de áreas
1 : 10

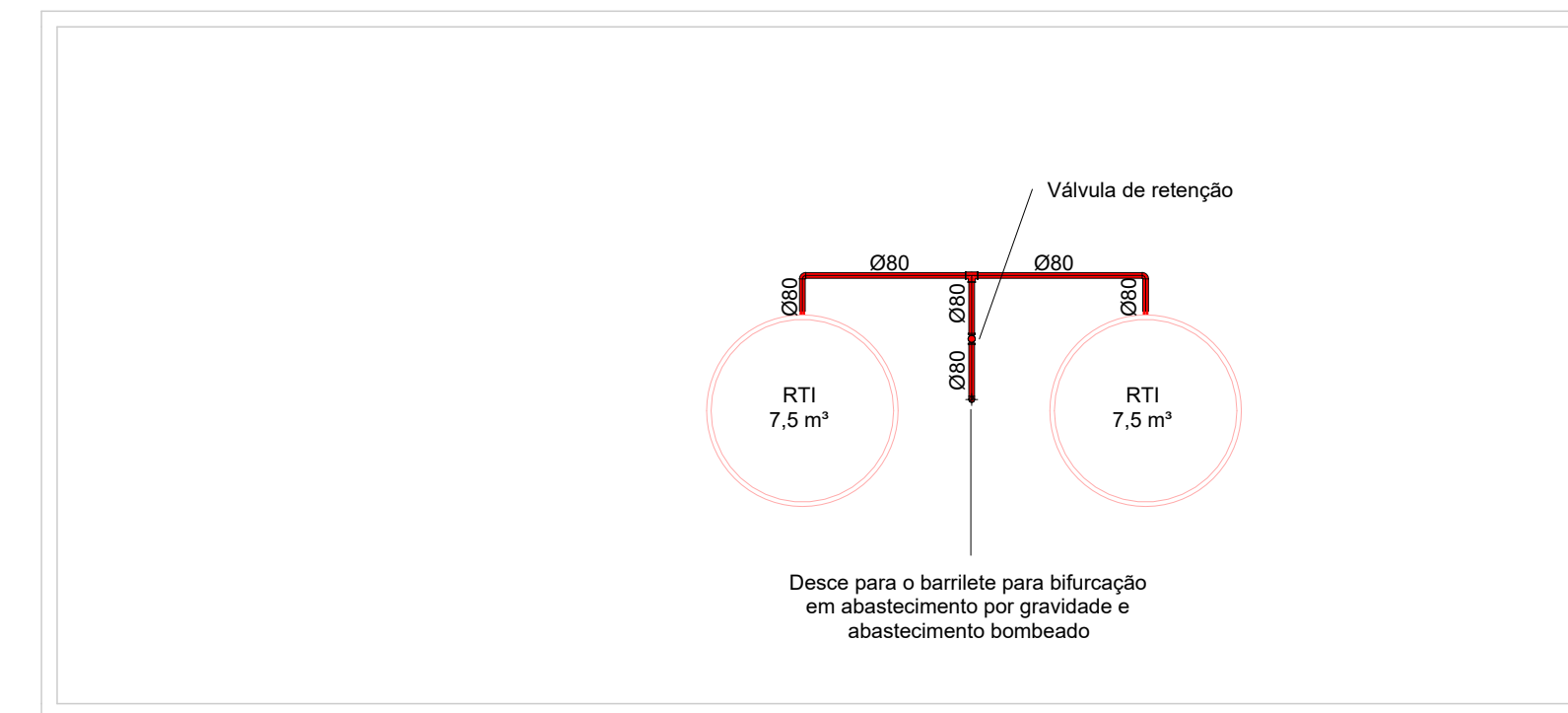
SIMBOLOGIA

- Hidrante embutido
2 lances de mangueira 15 m
- Hidrante sobrepor
2 lances de mangueira 15 m
- Hidrante de recalque aparente
- Tubulação de aço galvanizado
- HYY xxx m - Alcance | yy - Numeração do hidrante
- Alcance máximo da mangueira
- Bomba de Incêndio

Simbologia
1 : 10



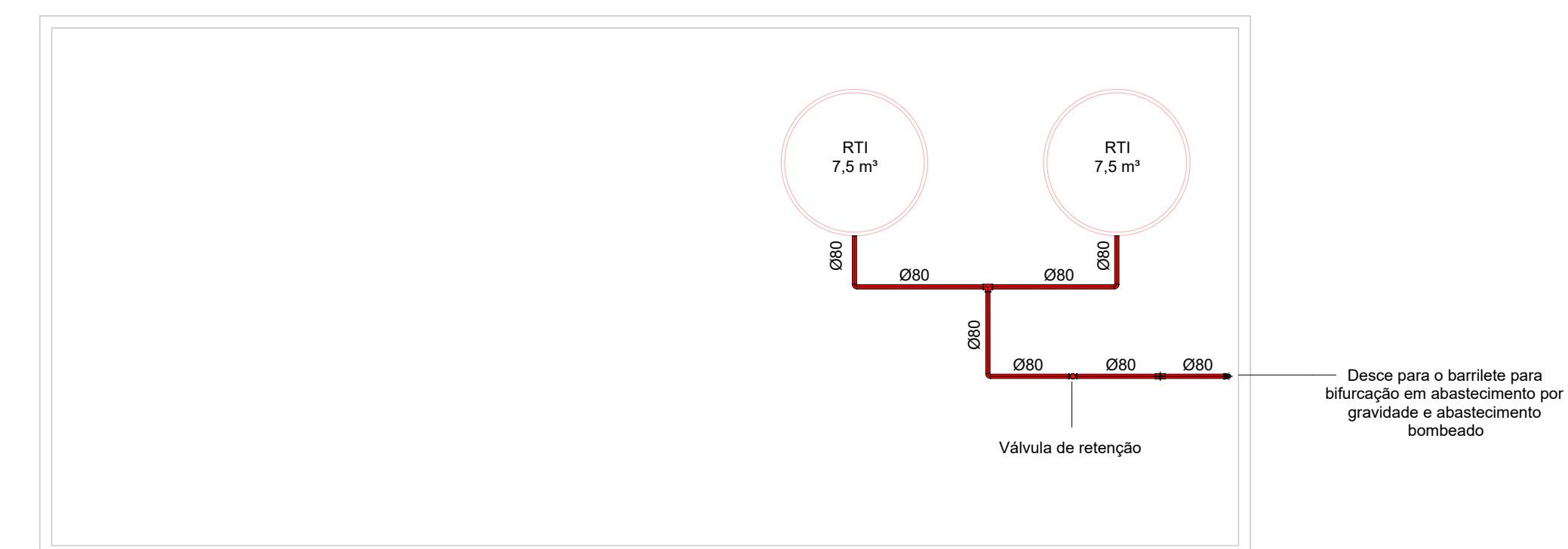
1 A-BARRILETE
1 : 100



2 PLANTA BAIXA-TORRE A-RESERVATÓRIO
1 : 100



3 B-BARRILETE
1 : 100



4 PLANTA BAIXA-TORRE B-RESERVATÓRIO
1 : 100



OBRA 01

ENDEREÇO DA OBRA
Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

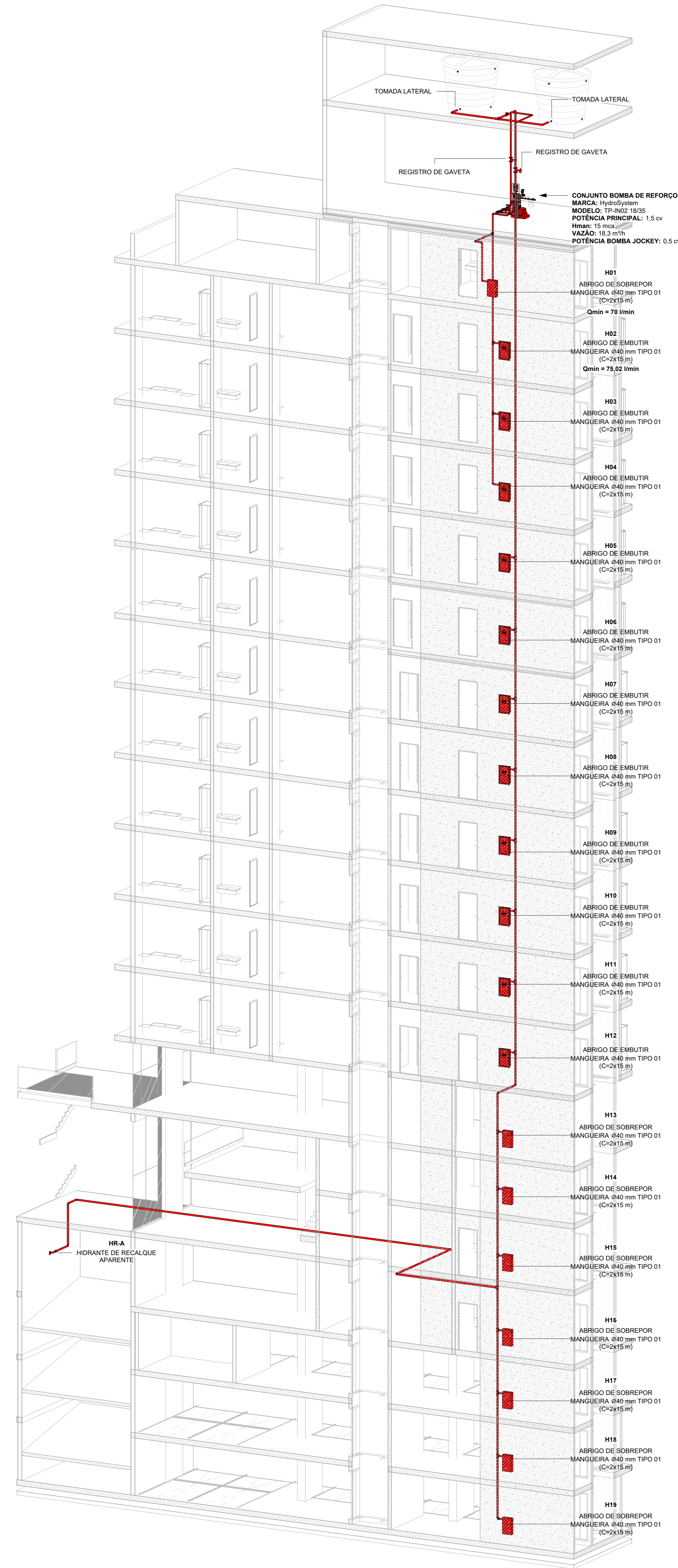
PROPRIETÁRIO	CPF/CNPJ	ASSINATURA
SISTEMA DE HIDRANTES		
PROJETO	CREA	ASSINATURA
Manuella Bastos Machado	CREA	

PLANTA BAIXA - BARRILETE-RESERVATÓRIO A/BARRILETE-RESERVATÓRIO B

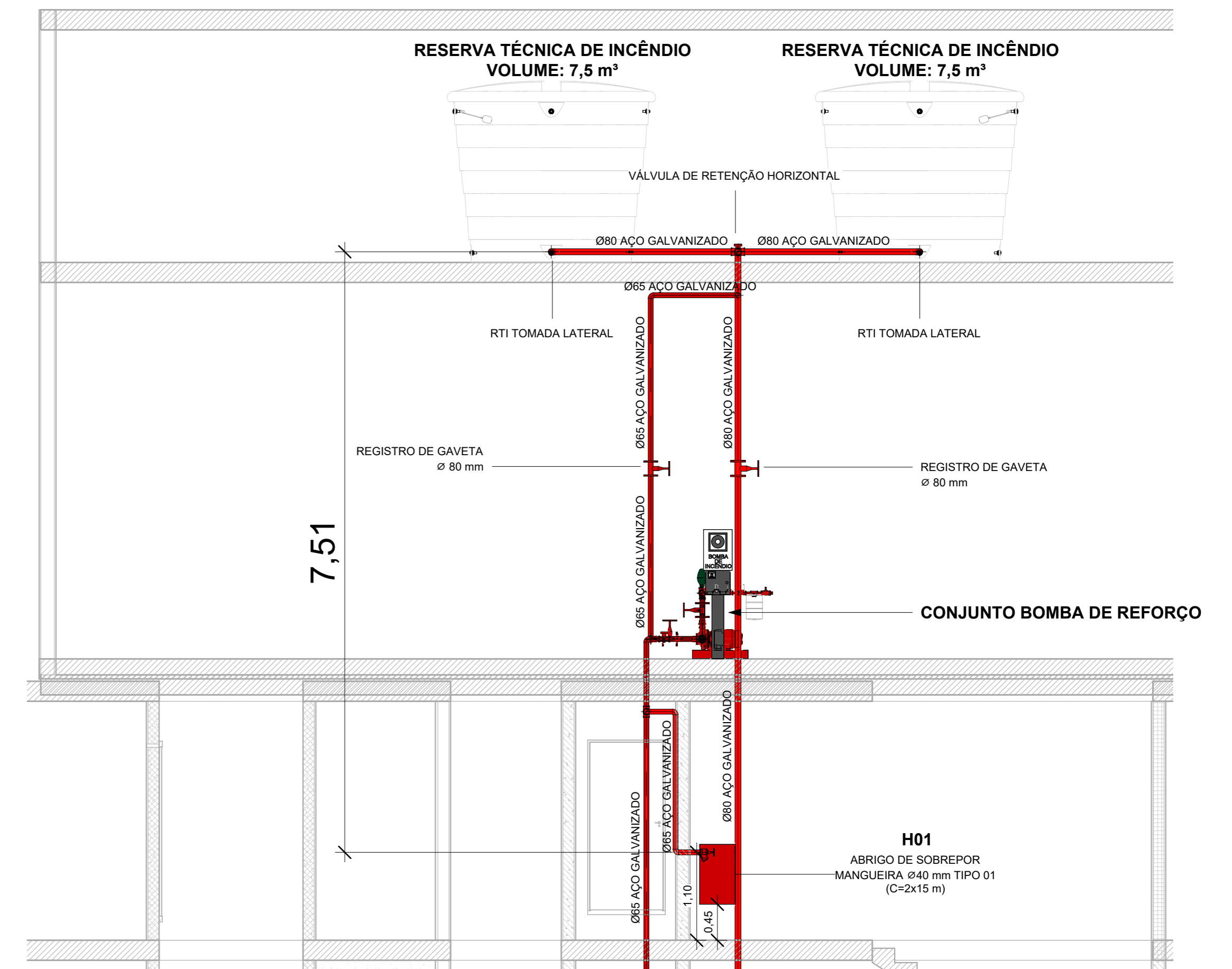
RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	COMPUTAÇÃO GRÁFICA	CODIGO	DATA	PRINCHA
Manuella Bastos Machado	Autor	01		07
CO-AUTOR DO PROJETO	ESCALA	REVISÃO	CLASSE	
Manuella Bastos Machado	Como indicado		PE	



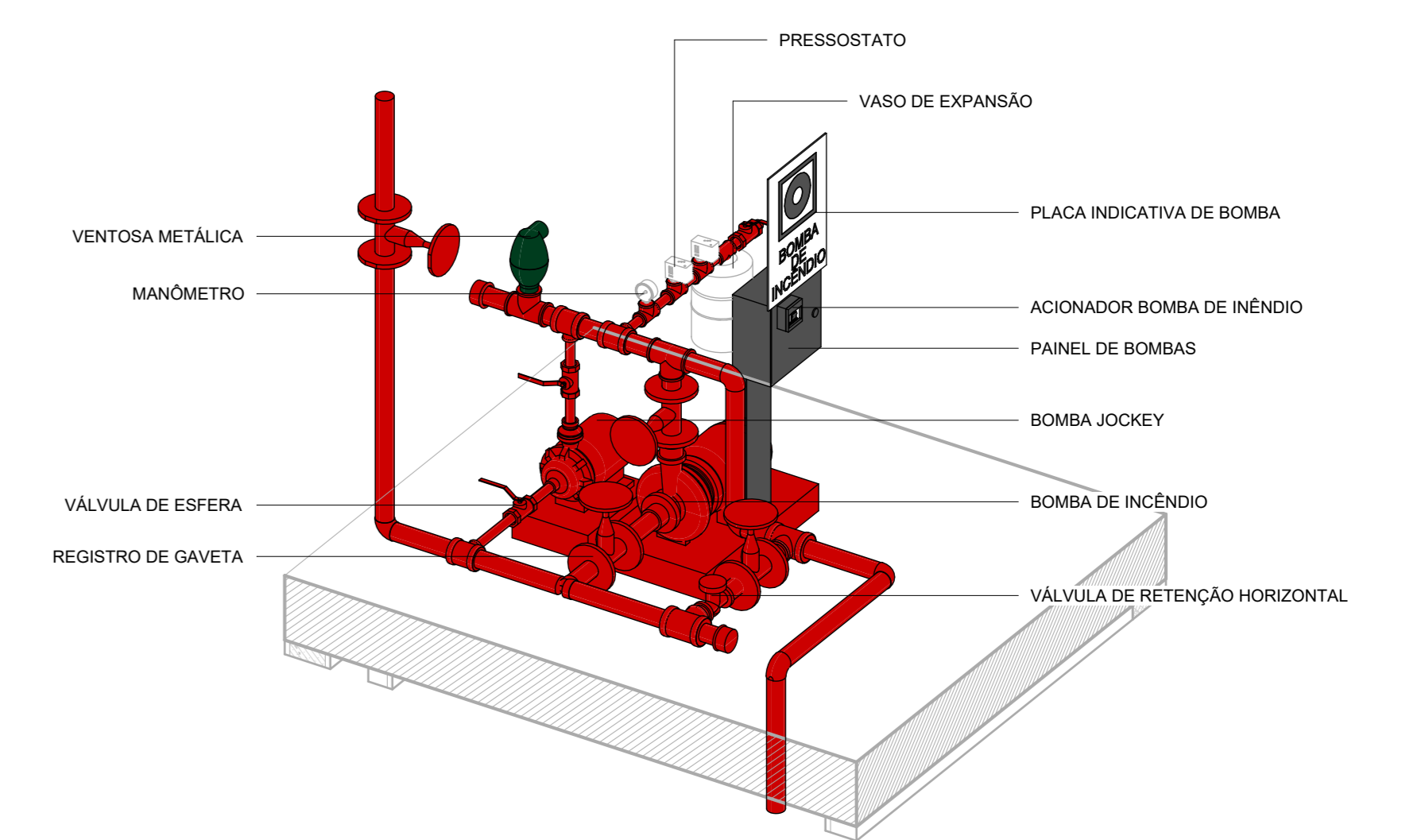
1 SHP-TORRE A-ESQUEMA VERTICAL
1 : 100



2 SHP-TORRE A-ISOMÉTRICO



3 SHP-TORRE A-ELEVAÇÃO BARRILETE
1 : 50



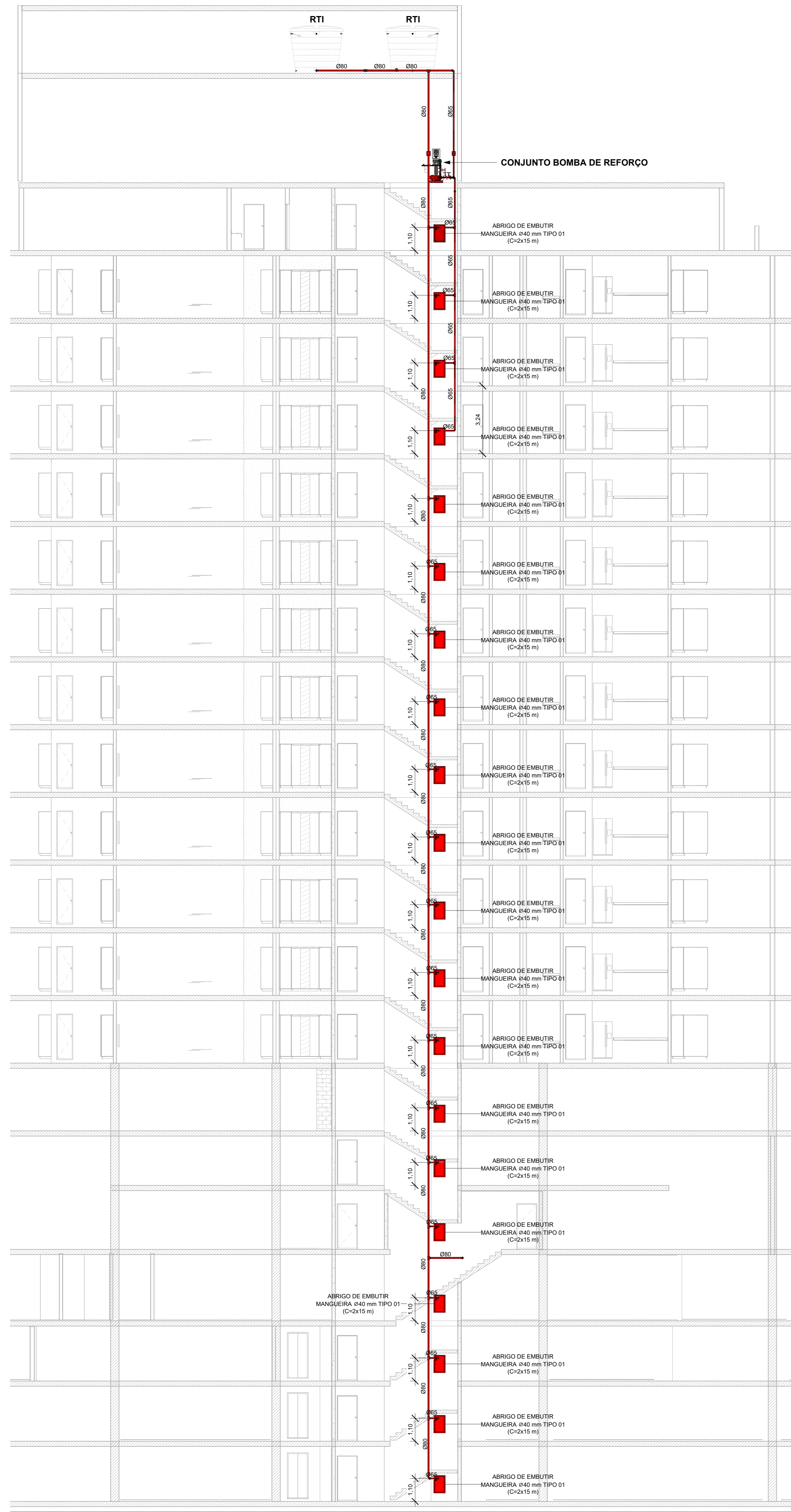
4 SHP-TORRE A-CONJUNTO BOMBA

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Florianópolis

OBRA 01
ENDEREÇO DA OBRA:
Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

PROFESSOR:	CREA/UFV	ASSINATURA
PROJETO:	CREA	ASSINATURA
Manuela Bastos Machado	CREA	

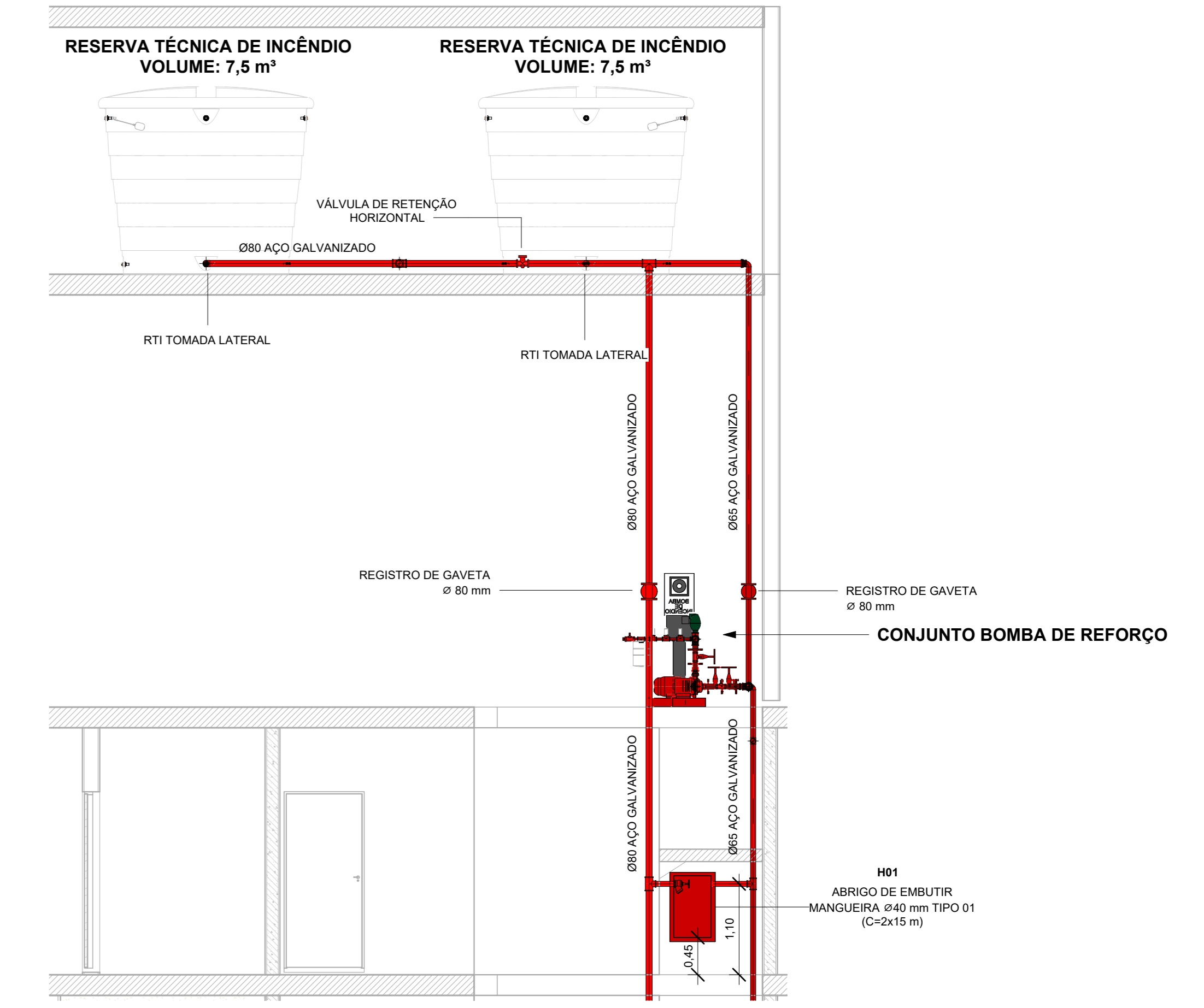
DENOMINAÇÃO TORRE A-ISOMÉTRICO				
RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	COMPUTAÇÃO GRÁFICA	CODIGO	DATA	PRANDA
Manuela Bastos Machado	Autor	01		08
CONSULTOR DO PROJETO	REVISOR	DIARIE		
Manuela Bastos Machado	Como Indicado	FE		



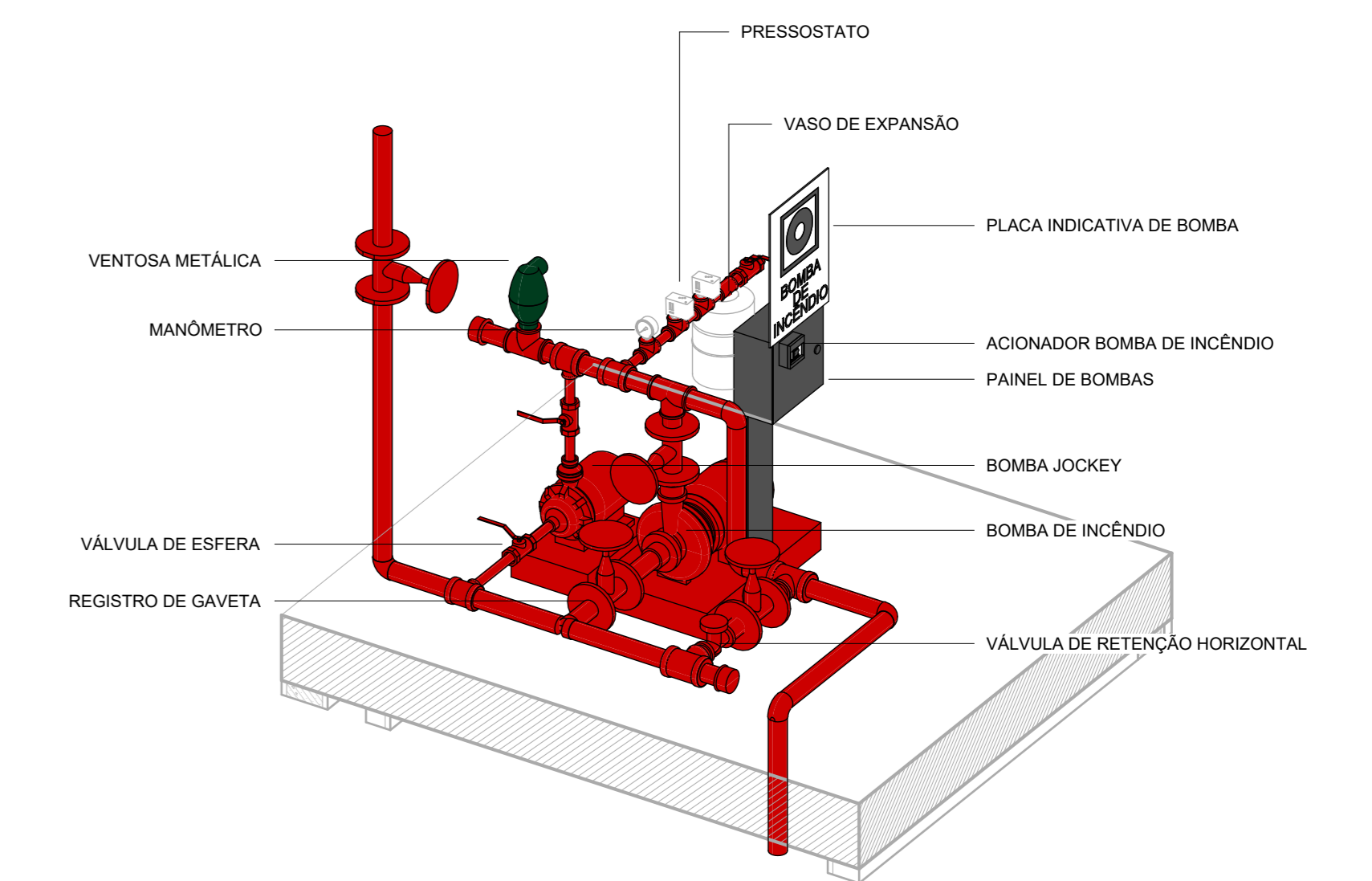
2 SHP-TORRE B-ESQUEMA VERTICAL
1 : 100



1 SHP-TORRE B-ISOMÉTRICO



3 SHP-TORRE B-ELEVAÇÃO BARRILETE
1 : 50



4 SHP-TORRE B-CONJUNTO BOMBA

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Florianópolis

OBRA 01

Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

PROJETO	CREA	ASSINATURA
Manuela Bastos Machado	CREA	

RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO	COMPUTAÇÃO GRÁFICA	CODIGO	DATA	PRONDA
Manuela Bastos Machado	Autor	01		09
COORDINADOR DO PROJETO	REVISOR			
Manuela Bastos Machado	Como Indicado			

APÊNDICE C

QUANTITATIVO DE MATERIAIS - SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO

Quantidade	Unidade	Tipo	Descrição	Modelo	Fabricante	Tamanho [mm]
2,9 m	Tubulação	Aço galvanizado				ø32
56,4 m	Tubulação	Aço galvanizado				ø65
189,6 m	Tubulação	Aço galvanizado				ø80
41 un	Conexão	Adaptador Storz x Rosca 2.1/2"	Adaptador Storz x Rosca		Bucka	ø64-ø64
1 un	Conexão	Cruzeta Ø2.1/2"	GROOVED - Cruzeta		TUPY S.A.	ø65-ø65-ø65-ø65
16 un	Conexão	Curva 90º Ø2.1/2"	GROOVED - Cotovelo 90º 45º		TUPY S.A.	ø65-ø65
4 un	Conexão	Curva 90º Ø2.1/2"	GROOVED - Cotovelo 90º 45º		TUPY S.A.	ø65-ø65
18 un	Conexão	Curva 90º Ø3"	GROOVED - Cotovelo 90º 45º		TUPY S.A.	ø80-ø80
6 un	Conexão	Produto Inexistente	GROOVED - Tê		TUPY S.A.	ø65-ø65-ø32
2 un	Conexão	Redução concêntrica Ø2.1/2x1.1/4"	GROOVED - Redução Concêntrica		TUPY S.A.	ø65-ø32
1 un	Conexão	Redução concêntrica Ø3x2.1/2"	GROOVED - Redução Concêntrica		TUPY S.A.	ø80-ø65
4 un	Conexão	Redução concêntrica Ø3x2.1/2"	GROOVED - Redução Concêntrica		TUPY S.A.	ø80-ø65
6 un	Acessório	Registro de gaveta Ø2.1/2"	Registro de gaveta		Zeus do Brasil	-
2 un	Acessório	Registro de gaveta Ø2.1/2"	Registro de gaveta		Zeus do Brasil	-
2 un	Acessório	Registro de gaveta Ø3"	Registro de gaveta		Zeus do Brasil	-
2 un	Conexão	Tampão Ø1.1/4"	GROOVED - Tampão		TUPY S.A.	ø32
4 un	Conexão	Tampão Ø2.1/2"	BSP - Tampão		TUPY S.A.	ø65
29 un	Conexão	Tê de redução Ø3x2.1/2"	GROOVED - Tê		TUPY S.A.	ø80-ø80-ø65
13 un	Conexão	Tê Ø2.1/2"	GROOVED - Tê		TUPY S.A.	ø65-ø65-ø65
5 un	Conexão	Tê Ø3"	GROOVED - Tê		TUPY S.A.	ø80-ø80-ø80
31 un	Acessório	Abrigo de embutir	Abrigo de embutir mangueira de 40 mm TIPO 01		Zeus do Brasil	-
8 un	Acessório	Abrigo de sobrepor	Abrigo de sobrepor mangueira de 40 mm TIPO 01		Zeus do Brasil	-
40 un	Acessório	Válvula angular para hidrante 45º 2.1/2"	Válvula para hidrante 45º 2 1/2" - DocolBásicos		Docol	-
1 un	Acessório	Válvula angular para hidrante 45º 2.1/2"	Válvula para hidrante 45º 2 1/2" - DocolBásicos		Docol	-
6 un	Acessório	Válvula de esfera Ø1.1/4"	Válvula de esfera		TUPY S.A.	-
2 un	Acessório	Válvula de retenção horizontal Ø2.1/2"	Válvula de esfera		Docol	-
2 un	Acessório	Válvula de retenção horizontal Ø3"	Válvula de retenção horizontal		Docol	-
2 un	Acessório		Corpo com fluxo reto e com orifício automático de grande diâmetro, o que permite taxas de vazões maiores que o normal. Escudo cinético completo - Previne o fechamento pré-maturo, sem interromper a entrada ou descarga de ar. Vedação dinâmica redução de vazamento durante a operação, mesmo em condições de baixa pressão (0,1bar). Estrutura compacta, simples e segura, com partes totalmente resistentes à corrosão; baixa manutenção e vida útil prolongada. Projetada de acordo com a norma EN-1074/4 e as exigências para fornecimento de água. Controle de qualidade – desempenho e especificações testadas e medidas em bancada de testes especializada, incluindo condições de pressão à vácuo.		BERMAD	-
2 un	Acessório	Bomba de incêndio	TP-IN02 18/35		HydroSystem	-
2 un	Acessório	Bomba de incêndio Jockey	0,5 cv		HydroSystem	-
2 un	Acessório	Acionador bomba de incêndio	EPCT Fire / FD20		Eaton	-
2 un	Acessório	Painel de bombas	EPCT Fire / FD20		Eaton	-