



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CONCEPÇÕES PARA O
DIMENSIONAMENTO DE REDES DE SISTEMAS DE CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS TIPO SPRINKLER: ESTUDO DE CASO DE UM HOSPITAL**

GABRIEL VICTOR CONCEIÇÃO DA SILVA

**JOÃO PESSOA – PB
JUNHO - 2022**

GABRIEL VICTOR CONCEIÇÃO DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CONCEPÇÕES PARA O
DIMENSIONAMENTO DE REDES DE SISTEMAS DE CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS TIPO SPRINKLER: ESTUDO DE CASO DE UM HOSPITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação de
Engenharia Civil da Universidade Federal da
Paraíba, como um dos requisitos para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde
Júnior

**JOÃO PESSOA – PB
JUNHO - 2022**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Gabriel Victor Conceicao da.

Análise comparativa entre concepções para o dimensionamento de redes de sistemas de chuveiros automáticos tipo sprinkler: estudo de caso de um hospital / Gabriel Victor Conceicao da Silva. - João Pessoa, 2022.

140 f. : il.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Júnior.
TCC (Graduação) - UFPB/CT-DECA.

1. Chuveiros automáticos. 2. Rede aberta. 3. Rede fechada. 4. Sprinklers. 5. Dimensionamento. I. Júnior, Gilson Barbosa Athayde. II. Título.

UFPB/CT

CDU 621.3(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

GABRIEL VICTOR CONCEIÇÃO DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CONCEPÇÕES PARA O
DIMENSIONAMENTO DE REDES DE SISTEMAS DE CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS TIPO SPRINKLER: ESTUDO DE CASO DE UM HOSPITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 03/06/2022 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Gilson Barbosa Athayde Júnior - Orientador
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO



Ana Cristina Souza da Silva - Membro da banca
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO



Hamílcar José Almeida Filgueira - Membro da banca
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO



Profª. Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

Dedico à Deus, que me sustentou até aqui e a toda a minha família que, com muito amor e apoio, sempre depositou confiança na minha capacidade e nunca mediram esforços para que pudéssemos alcançar juntos estes objetivos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, toda honra e glória seja dada a Deus, pois sem Ele eu não teria chegado até aqui, com as inúmeras bênçãos derramadas sobre minha vida através de Sua bondade.

À minha mãe, M^a das Graças da Conceição, guerreira, rainha, exemplo de mulher, de mãe, pai, de amor, que me criou apesar das dificuldades de ser mãe solteira e me ensinou a ser o homem que sou hoje. Às minhas tias, Aparecida e Olímpia, a quem tenho como mães, que sempre me apoiaram, cada qual com seu jeito singular. A minha irmã mais velha, Elinha (um apelido carinhoso que tenho desde pequeno), por toda ajuda, com toda a sua paciência, sempre cuidando de mim. Ao meu primo Hugo, que considero como um irmão mais velho, sempre me incentivando e me dando forças para continuar na caminhada.

Aos meus sogros, Nelson e Lídia, que me acolheram como filho ainda no ensino médio, que sempre cuidaram de mim e não mediram esforços para que eu chegasse até aqui. E não poderia deixar de deixar meus mais sinceros agradecimentos ao meu amor, minha namorada, noiva e, daqui a alguns dias, minha esposa. Obrigado Nathalia, por ter me acompanhado desde o início, por ter chorado junto comigo, comemorado minhas conquistas na área acadêmica e profissional, me incentivado diariamente a seguir buscando os objetivos que hoje são nossos. Quero dizer aqui que te amo.

Aos maiores presentes que a graduação me deu, sem os quais não teria sido possível me manter firme no dia a dia: Joseane Lima, Gabriel Rairan e Kleiton Lopes. A todos da minha turma 2016.2 que contribuíram, cada qual com sua parcela de contribuição, com todo carinho, apoio acadêmico, ótimas risadas e histórias.

A Engenheira Luedva Pontes por me ensinar tanto em meu primeiro estágio da graduação. Ao estagiário Júnior, pelo companheirismo diário e que segue até os dias de hoje. À Construtora Urban pela oportunidade e a todos os colaboradores pela honra de trabalhar ao lado de cada um, em especial, tio Bino, o melhor cozinheiro que a construção civil já viu.

Aos meus colegas de trabalho que hoje são amigos, Lucas Queiroz e Talles, por tantos aprendizados diários e risadas, vocês me mostraram que a engenharia pode ser muito leve e contribuíram com este trabalho com seus conhecimentos. Aos meus chefes Danielle e Edson pela oportunidade de mostrar a minha capacidade como projetista e hoje como coordenador.

Ao meu orientador Dr. Gilson Barbosa, a quem tenho grande admiração, não só como profissional, mas como ser humano e por toda atenção e dedicação a minha formação e a este trabalho.

Tudo o que fizerem, façam de todo o coração, como para o Senhor, e não para os homens, sabendo que receberão do Senhor a recompensa da herança. É a Cristo, o Senhor, que vocês estão servindo”.

- Colossenses 3:23-24

RESUMO

O rigor presente nas normas regulamentadoras e técnicas para a instalação de sistemas de proteção e combate a incêndio e pânico em edificações, tem como objetivo a preservação da vida e integridade do patrimônio público e privado. Com o aumento das exigências de segurança, faz-se necessária a apresentação de projetos que propõem soluções mais complexas e que aliem custo à eficiência. Sendo assim, este trabalho visa realizar uma comparação entre duas distribuições distintas de chuveiros automáticos: rede aberta do tipo ramificada e rede fechada do tipo malhada. O dimensionamento de ambas as concepções é regido pela norma NBR 10.897 (ABNT, 2020). Na rede aberta, a água que escoar no interior da tubulação percorre um único caminho, distribuindo-se entre os ramais. Na rede fechada, pode-se observar a formação de anéis, os quais tornam possível o escoamento da água em ambos os lados dos ramais, repartindo-se as vazões, necessitando assim de diâmetros menores de tubulações. Desta forma, para este trabalho foi considerado um projeto de combate a incêndio e pânico de um hospital a ser construído na cidade de Campina Grande, localizada no Estado da Paraíba, em especial, o projeto de chuveiros automáticos a ser implantado na edificação, que irá atender parte da mesma, em dois pavimentos que necessitam de tal medida de proteção. Tal edificação será um complexo hospitalar de grande capacidade, composto por quatro pavimentos, divididos em dois blocos principais e um que interliga ambos os blocos. Para o dimensionamento da rede aberta, utilizou-se o método de cálculo hidráulico, indicado pela NBR 10.897 (ABNT, 2020) como o método principal para o dimensionamento de novas redes de chuveiros automáticos. No que se refere ao dimensionamento da rede fechada, utilizou-se o método de *Hardy-Cross* para a realização do balanço de vazões e pressão no sistema. Posteriormente, foi realizado o levantamento de materiais que compõem as duas concepções de redes, excluindo o conjunto motobomba, suas conexões e acessórios. Além disso, comparou-se os custos para a implantação dos dois tipos de distribuições, levando em consideração o preço dos materiais e mão de obra envolvida. Desta forma, determinou-se qual das concepções apresentava uma maior eficiência hidráulica e um menor custo para edificação estudada. Por fim, este trabalho não pretende incentivar a adoção de apenas um tipo de distribuição de rede de chuveiros automáticos, mas mostrar que toda e qualquer decisão projetual deve atender às necessidades e particularidades da edificação, desde que os critérios mínimos de vazões e pressões sejam atendidos.

Palavras-chave: Chuveiros automáticos; Rede aberta; Rede fechada; *Sprinklers*; Dimensionamento.

ABSTRACT

The rigor present in the regulatory and technical norms for the installation of fire and panic protection and combat systems in buildings has as its objective the preservation of life and integrity of public and private property. With the increase in safety requirements, it is necessary to present projects that propose more complex solutions that combine cost and efficiency. Thus, this work aims to conduct a comparison between two different distributions of automatic showers: open net of the branched type and closed net of the meshed type. The sizing of both designs is governed by the NBR 10.897 standard (ABNT, 2020). In the open network, the water flowing inside the pipe travels a single path, distributing itself among the branches. In the closed network, one can observe the formation of rings, which make it possible for the water to flow on both sides of the branches, dividing the flows, thus requiring smaller pipe diameters. Thus, for this work, a fire and panic fighting project was considered for a hospital to be built in the city of Campina Grande, located in the state of Paraíba, in particular, the project for automatic showers to be implemented in the building, which will serve part of it, in two floors that require such protection measure. This building will be a large capacity hospital complex, composed of four floors, divided into two main blocks and one that interconnects both blocks. For sizing the open network, the hydraulic calculation method was used, as indicated by NBR 10.897 (ABNT, 2020) as the main method for sizing new automatic shower networks. Regarding the sizing of the closed network, the Hardy-Cross method was used to perform the balance of flows and pressure in the system. Subsequently, a survey of the materials that make up the two network conceptions was carried out, excluding the motor-pump set, its connections and accessories. In addition, the costs for the implementation of the two types of distribution were compared, taking into account the price of materials and labor involved. In this way, it was determined which of the concepts presented a greater hydraulic efficiency and a lower cost for the building studied. Finally, this study does not intend to encourage the adoption of only one type of distribution network for automatic showers but to show that each and every design decision should meet the building's needs and particularities, as long as the minimum flow and pressure criteria are met.

Keywords: Automatic showers; Open network; Closed network; Sprinklers; Sizing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ocorrência de incêndio no mundo – dados do ano de 2010	20
Figura 2 - Instalação de sprinklers tubo molhado.....	26
Figura 3 - Instalação de sprinklers tubo seco	27
Figura 4 – Esquema de um sistema de chuveiros automáticos em uma edificação de múltiplos pavimentos.....	33
Figura 5 – Sistema de bombas (principal, reserva e jockey) do sistema de incêndio	35
Figura 6 – Válvula de alarme e seu funcionamento	36
Figura 7 – Rede de distribuição de chuveiros automáticos	37
Figura 8- Ramais centrais com alimentação central.....	39
Figura 9 - Ramais laterais com alimentação central.....	39
Figura 10 - Ramais centrais com alimentação lateral.....	40
Figura 11 - Ramais laterais com alimentação lateral.....	40
Figura 12 – Componentes do chuveiro automático	41
Figura 13 - Chuveiros automáticos com elementos termos sensíveis de ampola de vidro e fusível	43
Figura 14 – Tipos de montagem de chuveiros automáticos (ascendente, pendente e lateral) ..	44
Figura 15 – Disposição da rede hidráulica aberta com alimentação central, com ramal central	45
Figura 16 - Disposição da rede hidráulica aberta com alimentação central, com ramal lateral	45
Figura 17 - Disposição da rede hidráulica aberta com alimentação central pela extremidade, com ramal central	45
Figura 18 - Disposição da rede hidráulica aberta com alimentação lateral pela extremidade, com ramal lateral	45
Figura 19 - Arranjos de redes hidráulicas de chuveiros automáticos de distribuição fechada.	46
Figura 20 - Área de cobertura.....	50
Figura 21 - Curva de densidade de área de acordo com a classe de risco	52
Figura 22 - Área de aplicação	53
Figura 23 - Exemplo de planta com esquema de área de aplicação para rede aberta de distribuição	59
Figura 24 - Exemplo de planilha para dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos	60
Figura 25 – Blocos A e B do Nível 03 do Hospital das Clínicas de Campina Grande	67

Figura 26 – Blocos A e B do Nível 04 do Hospital das Clínicas de Campina Grande	67
Figura 27 - Ponto de bifurcação ou comparação entre as distribuições da rede de chuveiros automáticos (rede aberta de chuveiros automáticos).....	68
Figura 28 - Fluxogramas com as etapas de desenvolvimento neste trabalho.....	69
Figura 29 – Lançamento da rede ramificada de chuveiros automáticos no software de modelagem REVIT (Nível 04)	71
Figura 30 - Lançamento da rede ramificada de chuveiros automáticos no software de modelagem REVIT (Nível 03)	71
Figura 31 – Parâmetros de projeto cadastrado no software Hydros	72
Figura 32 – Lançamento da rede de chuveiros automáticos no software Hydros	73
Figura 33 – Informações da área de operação gerada pelo software.....	73
Figura 34 - Lançamento da rede malhada de chuveiros automáticos no software de modelagem REVIT (Nível 04)	74
Figura 35 - Lançamento da rede malhada de chuveiros automáticos no software de modelagem REVIT (Nível 03)	75
Figura 36 - Criação da rede malhada no software EPANET.....	76
Figura 37 - Divisão dos trechos segundo o conjunto de perdas singulares	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade de tubulação por diâmetro utilizada em cada tipo de distribuição	86
Gráfico 2 - Peso total da tubulação por tipo de distribuição	87
Gráfico 3 - Custo total das tubulações e conexões em ambas as concepções de rede de chuveiros automáticos	88
Gráfico 4 - Curva ABC de serviço (Rede ramificada)	89
Gráfico 5 - Curva ABC de serviço (Rede malhada).....	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Breve histórico de incêndios ocorridos em edifícios altos.....	21
Quadro 2 - Exemplos de edificações com risco leve.....	29
Quadro 3 - Exemplos de edificações com risco ordinário Grupo I.....	30
Quadro 4 - Exemplos de edificações com risco ordinário Grupo II.....	30
Quadro 5 - Exemplos de edificações com risco extraordinário.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio	29
Tabela 2 – Limites de temperatura, classificação e código de cores dos chuveiros automáticos com ampola de vidro	42
Tabela 3 – Limites de temperatura, classificação e código de cores dos chuveiros automáticos com fusível de liga metálica	42
Tabela 4 – Tabela de dimensionamento para riscos leves.....	47
Tabela 5 – Tabela para dimensionamento para riscos leves (chuveiros automáticos acima e abaixo de forros e tetos).....	48
Tabela 6 - Tabela de dimensionamento para riscos ordinários	48
Tabela 7 – Números de chuveiros automáticos para distâncias superiores a 3,7 m (risco ordinário)	49
Tabela 8 - Tabela para dimensionamento para riscos ordinários (chuveiros automáticos acima e abaixo de forros e tetos).....	49
Tabela 9 - Áreas máximas de cobertura e distâncias máximas entre chuveiros automáticos ..	50
Tabela 10 - Valores de áreas mínimas, médias e máximas e suas respectivas densidades de água por classe de risco.....	54
Tabela 11 – Características de descarga dos chuveiros automáticos (fator K)	56
Tabela 12 - Coeficiente C de atrito de <i>Hazen-Williams</i>	57
Tabela 13 - Exemplo de tabela com equivalências da perda de carga das conexões	58
Tabela 14 – Duração da reserva de água de acordo com a categoria de risco.....	62
Tabela 15 - Resumo do resultado de dimensionamento da rede ramificada.....	74
Tabela 16 - Valores do coeficiente K para reduções bruscas	76
Tabela 17 - Valores do coeficiente K para diversos acessórios	76
Tabela 18 - Coeficiente de perda de carga calculado de acordo com seu trecho	78
Tabela 19 - Vazão nos chuveiros em L/min	78
Tabela 20 - Diâmetros e preço das tubulações utilizadas no dimensionamento pelo EPANET	78
Tabela 21 - Resumo do resultado de dimensionamento da rede malhada.....	79
Tabela 22 - Lista de conexões de tubo (Rede aberta).....	80
Tabela 23 - Lista de conexões de tubo (Rede fechada)	82
Tabela 24 - Lista de comprimento de tubulações (Rede aberta)	84
Tabela 25 - Lista de comprimento de tubulações (Rede fechada).....	85

Tabela 26 - Tubulação predominante em cada tipo de distribuição	85
Tabela 27 - Quantidade total de tubulação para cada uma das distribuições e diâmetro comercial predominante	87

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BSP - *British Standard Pipe*

BIM - *Building Information Modeling*

CBMPB – Corpo de Bombeiros Militar do Estado da Paraíba

CBMSP – Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo

FOC – *Fire Officers Committee*

IT – Instruções Técnicas

LENHS – Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NFPA – *National Fire Protection Association*

MEP - *Mechanical, Electrical and Plumbing*

NT – Normas Técnicas

PVC - Policloreto de polivinila

SEINFRA – Secretaria de Infraestrutura

SUPLAN – Superintendência do Plano de Desenvolvimento do Estado

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

VGA – Válvula de Alarme e Governo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1. OBJETIVO GERAL	19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1. BREVE CONTEXTO HISTÓRICO DE INCÊNDIOS EM EDIFICAÇÕES.....	20
3.2. TIPOS DE SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	21
3.2.1. Sistema de hidrantes e mangotinhos.....	22
3.2.2. Sistema de chuveiros automáticos.....	23
3.3. SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	23
3.3.1. Classificação dos sistemas de chuveiros automáticos.....	25
3.3.2. Classificação dos riscos das ocupações	28
3.3.3. Rede hidráulica de distribuição do sistema de chuveiros automáticos, tubulações e componentes	32
3.3.4. Disposições da rede hidráulica do sistema de chuveiros automáticos	44
3.3.5. Métodos de dimensionamento	46
3.4. SOFTWARES UTILIZADOS	64
3.4.1. EPANET	64
3.4.2. HYDROS	64
3.4.3. REVIT	65
3.4.4. CURVA ABC	65
4. METODOLOGIA.....	66
4.1. PARÂMETROS INICIAIS DE PROJETO	70
4.2. DIMENSIONAMENTO DE REDE ABERTA UTILIZANDO O SOFTWARE HYDROS.....	71
4.3. DIMENSIONAMENTO DE REDE FECHADA UTILIZANDO O EPANET.....	74

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
7. SUGESTÕES DE PESQUISAS.....	92
REFERÊNCIAS	93

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de incêndios em edificações tem a capacidade de colocar em risco vidas humanas e gerar prejuízos materiais, incluindo a própria edificação.

A preocupação com a prevenção e combate a incêndio é nítida em face das inúmeras tragédias que aconteceram em edificações nos últimos anos. Na história do Brasil, pode ser citada uma grande tragédia em 2013, em uma boate na cidade de Santa Maria (RS), conhecida como boate Kiss. Um incêndio causado no local acarretou na morte de 237 pessoas presentes, dentre estas clientes e funcionários. De acordo com autoridades, alguns fatores foram determinantes para a ocorrência da tragédia: utilização de materiais inadequados na edificação, a falta de manutenção dos aparelhos extintores de incêndio, dificuldade para evacuar o público e funcionários, deficiência na iluminação e saída de emergência, falta de mecanismos que auxiliassem no controle de fumaça e falta de mecanismos que proporcionasse um controle de temperatura, como é o caso dos chuveiros automáticos.

Sendo assim, é notório que as consequências advindas de um incêndio são maiores e mais complexas que apenas uma perda material na edificação afetada. É o caso do incêndio que ocorreu no maior museu de história do Brasil, o Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro, fundado em 9 de julho de 1978. A edificação foi quase que completamente atingida pelas chamas de grandes proporções, que resultou numa rápida ação devido a estrutura de madeira que predominava no local, bem como outros materiais inflamáveis presentes na edificação. O museu possuía cerca de 20 milhões de peças em acervo, dentre os mais famosos encontrava-se o fóssil mais antigo da América, o crânio de Luiza (MAGNUS, 2019).

É mais convencional que o princípio de incêndio seja ocasionado por pequenos focos, que poderia ser eliminado ainda em seu princípio com medidas ativas de proteção, antes de se espalhar por toda a edificação. Um exemplo dessas medidas ativas de proteção são os chuveiros automáticos. Para Ono (2007), as medidas ativas de proteção ou “proteção ativa” são as instalações prediais, seja ela elétrica, como é o caso dos detectores e sistemas de alarmes, ou hidráulica, como é o caso dos hidrantes e chuveiros automáticos, que podem ser ativadas de forma manual ou automática em uma situação de emergência.

Desta forma, os chuveiros automáticos, medida ativa de proteção, são elementos distribuídos por toda a edificação ou parte dela que pretende ser protegida e possui como premissa o acionamento automático em caso de incêndio, seja esse acionamento devido a

presença do fogo ou por meio da interoperabilidade com outros sistemas da edificação, como é o caso dos detectores de incêndio.

Como princípio de funcionamento, os chuveiros automáticos, ao serem acionados, são capazes de agir diretamente na área afetada pelo fogo, ainda nas primeiras chamas, aspergindo água, que ao entrar em contato com as chamas, tem a propriedade de absorver calor e reduzir a temperatura, diminuindo também a capacidade do fogo de se propagar, impedindo o efeito de combustão, extinguindo assim o fogo ainda no seu estágio inicial (BENTES, 2016).

Segundo Brentano (2007), o primeiro chuveiro automático foi criado em 1878 nos Estados Unidos da América, por Parmelee. Ainda segundo Brentano (2007), pesquisas realizadas por Solomon, também nos Estados Unidos da América, durante um período de dez anos, foi constatado que, com a presença de quinze chuveiros automático atuando em uma área com princípio de incêndio, cerca de 89% dos focos de incêndio foram eliminados.

Existem diversas formas de distribuir e calcular as tubulações que compõe a rede de chuveiros automáticos, dependendo apenas da necessidade arquitetônica, estrutural e hidráulica da edificação. Embora existam diversas formas de distribuição destas redes é de responsabilidade do projetista realizar uma análise minuciosas para adequar a escolha às necessidades do projeto, visto que uma rede de chuveiros automáticos, com todas as suas canalizações, conexões, acessórios e maquinários, torna-se um item muito oneroso na execução de uma obra, podendo até inviabilizar a sua execução.

Portanto, este trabalho tem visa comparar os custos de implantação de um sistema de chuveiros automáticos para combate e prevenção a incêndios decorrentes de duas concepções distintas, a saber: rede aberta do tipo ramificada e rede fechada do tipo malhada.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo comparativo sob a ótica do custo entre dois tipos de distribuição de rede hidráulica de chuveiros automáticos: rede aberta (ramificada) e rede fechada (malhada), considerando um complexo hospitalar a ser construída na cidade de Campina Grande/PB.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir os componentes que formam o sistema de chuveiros automáticos;
- Apresentar os diversos tipos de disposição para rede hidráulica de chuveiros automáticos;
- Dimensionar dois tipos distintos de distribuição de rede de chuveiros automáticos com a utilização de *softwares* de dimensionamento hidráulico.

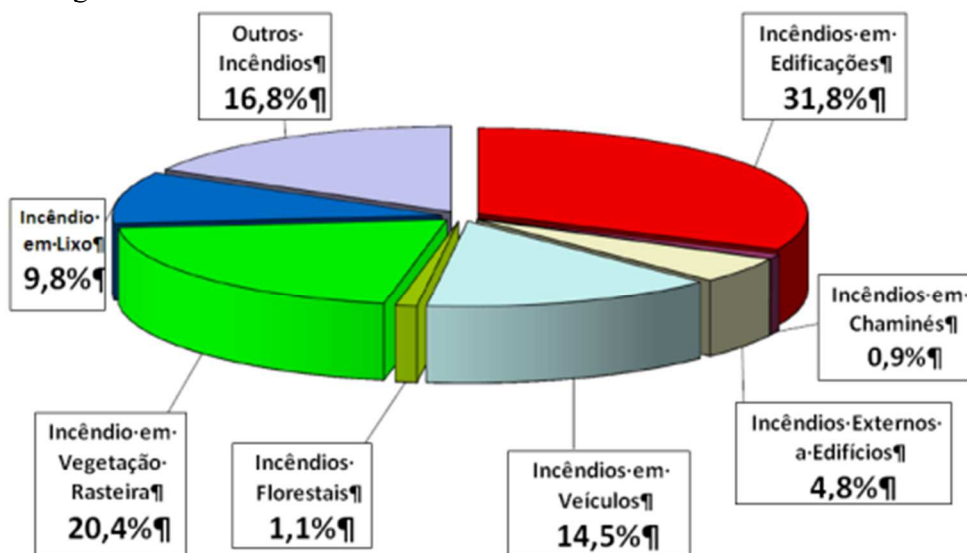
3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este item terá como foco apresentar um breve histórico da ocorrência de incêndio em edificações no mundo, apresentar os tipos de sistemas de combate a incêndio em edificações, descrever as características do sistema de chuveiros automáticos com canalização molhada ou instalações húmidas, sistema este muito utilizado no mercado nacional e com utilização bastante abrangente na área de prevenção e combate a incêndio, além de apresentar os métodos de cálculo para cada tipo de rede (ramificada e malhada) e seus respectivos softwares de dimensionamento que foram utilizados neste trabalho.

3.1. BREVE CONTEXTO HISTÓRICO DE INCÊNDIOS EM EDIFICAÇÕES

A ocorrência de incêndios em edificações, seja ela comercial, de prestação de serviço, hospitalares, educacional, industriais ou residências, são muito frequentes e acontece em todos os lugares do mundo (Figura 1). Estudos apontam que incêndios em edificações representam cerca de um terço de todas as ocorrências de incêndios registradas no mundo (CORRÊA et al., 2015).

Figura 1 – Ocorrência de incêndio no mundo – dados do ano de 2010



Fonte: Corrêa et al. (2015, p. 16)

Um breve histórico de incêndios importantes ocorridos em ordem cronológica de acontecimentos dos fatos pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 - Breve histórico de incêndios ocorridos em edifícios altos

	1972	Edifício Andraus – 31 pavimentos São Paulo – SP Vítimas: 16 mortos ¹
Edifício Joelma – 25 pavimentos São Paulo – SP Vítimas: 179 mortos ¹	1974	
	1981	Edifício Grande Avenida – 23 pavimentos São Paulo – SP Vítimas: 17 mortos ¹
Edifício Andorinha – 25 pavimentos Rio de Janeiro – RJ Vítimas: 23 mortos ²	1986	
	2015	Marina Torch – 86 pavimentos Dubai – Emirados Árabes Unidos Vítimas: Não há registros ³
Edifício Residencial – 24 pavimentos Londres – Inglaterra Perdas: 79 mortos ⁴	2017	
	2018	Edifício Residencial – 24 pavimentos São Paulo – SP Vítimas: 9 mortos ⁵
Edifício Residencial – 11 pavimentos João Pessoa – PB Vítimas: Não há registros ⁶	2018	

Fonte: Soares Leal (2018)

Dentre os eventos citados acima, pode-se dar destaque ao que ocorreu no Edifício Joelma, onde o incêndio foi causado por uma curto-circuito em um aparelho de ar-condicionado em uma das unidades e se espalhou por toda a edificação. A edificação não possuía equipamentos de combate ao incêndio adequados, além de não apresentar materiais de acabamento adequado para mitigar os efeitos do fogo (SOARES LEAL, 2018).

3.2.TIPOS DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

A água é o agente extintor mais completo entre os disponíveis hoje. A água auxilia no isolamento de riscos e facilita a ação dos bombeiros frente ao fogo, diminuindo sua intensidade. O sistema de proteção por hidrantes, mangotinhos e chuveiros automáticos são amplamente utilizados, tendo como função principal controlar e extinguir o incêndio (SEITO et al., 2008).

Por todas as suas características frente ao combate de incêndios, a água tem em especial a capacidade de absorver o calor. A seguir serão descritos os principais sistemas hidráulicos de prevenção e combate a incêndio: hidrantes, mangotinhos e chuveiros automáticos.

3.2.1. Sistema de hidrantes e mangotinhos

É formado por uma rede de tubulações fixas, que tem como objetivo transportar água até os pontos de utilização localizados em locais adequados e de acordo com as legislações estaduais. Esses sistemas são também conhecidos como sistemas sob comando, porque para que sejam utilizados eles devem ser manuseados por profissionais habilitados (BECKER, 2005).

Os chamados pontos de utilização desses sistemas são abastecidos de forma automática por meio da abertura de uma das válvulas do sistema de hidrantes, bem como de mangotinhos, em qualquer parte da edificação na qual foi instalada. Essa alimentação, ocorre devido à influência da gravidade ou com o auxílio de bombas e pressurização, que conduz a água do reservatório (superior ou inferior) até o ponto de utilização.

Segundo Seito et al (2008) os hidrantes são classificados como sistemas hidráulicos fixos de combate a incêndio, acionados a partir de um comando manual para controlar e extinguir o fogo.

Conforme apresenta Albuquerque (2020) , os hidrantes são compostos por canalizações que permitem a captação da água, que é dissipada por mangueira e controlada pelos esguichos. Os componentes do sistema de hidrantes são:

- Mangueiras: fabricadas com materiais flexíveis de fibras naturais e sintéticas, é utilizada para a condução da água até o ponto de ocorrência de incêndio. São formadas por lances de quinze metros podendo ser acopladas conjuntos de mangueiras até um comprimento total de trinta metros;
- Esguichos: são dispositivos com a capacidade de lançar água através das mangueiras, além disso podem ser reguláveis, fazendo com que ocorra a emissão de diversos tipos de jato como compacto ou em neblina;
- Caixa ou abrigo: é o local de armazenamento das mangueiras, chaves para mangueiras, esguichos, entre outros equipamentos que auxilie o combate a incêndio. Geralmente possuem a cor vermelha, podem ser fixadas de forma embutidas ou aparentes e devem ser devidamente sinalizadas;
- Chaves de mangueiras: são utilizadas para unir as mangueiras e as conexões necessárias.

Além desses citados, ainda existem conexões que devem ser acoplados a mangueira para um perfeito encaixe com a válvula de hidrante (com registro).

3.2.2. Sistema de chuveiros automáticos

Assim como o sistema de hidrantes, os chuveiros automáticos também são classificados como um sistema fixo de combate a incêndio, por possuir canalizações fixas em toda a sua rede. Esse sistema apenas entra em funcionamento quando um princípio de incêndio é detectado, onde os chuveiros automáticos atingidos liberam água com pressão e vazão adequada com o objetivo de controlar e extinguir o fogo em um primeiro momento, de forma rápida, para que o mesmo não espalhe na edificação (SEITO et al., 2008).

O incêndio tem seu início ocasionado por pequenos fatores, como um curto-circuito em uma edificação, por exemplo. Em seguida ocorre a propagação do fogo para os diversos setores da edificação. Como os chuveiros automáticos agem por setores, esse sistema é capaz de confinar o fogo por meio de sua liberação automática de água, reduzindo assim os possíveis danos que podem ser causados por ele, antes que o mesmo se propague para outros pontos da edificação.

No Brasil, os chuveiros automáticos e sua utilização é normatizada pela NBR 10.897 – Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos - Requisitos (ABNT, 2020) e é formado por tubulações fixas, abastecidas por uma ou mais fontes de água, além de válvulas capazes de controlar todo o sistema de forma automatizada.

De acordo com Albuquerque (2020), nos ramais os chuveiros automáticos instalados devem atender às seguintes condições:

- Proteção total
- Mínimo de interferência à descarga de água;
- Proteção da área de compartimentação desejada;
- Instalação com relação ao teto ou telhado, para que não haja interferências no seu funcionamento, principalmente com uma possível elevação indesejada de temperatura.

3.3. SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

O sistema de chuveiros automáticos é definido de acordo com a NBR 10.897 (ABNT 2020), como um sistema fixo integrado que age sobre a área de incêndio afetada. Sua ação ocorre de modo automático, respeitando as vazões e pressões mínimas estabelecidas de acordo com o grau de risco da ocupação a ser considerada, atuando de forma pontual na área afetada, extinguindo e/ou controlando o fogo ainda em seu estágio inicial.

Segundo Aita e Peixoto (2012), o sistema de chuveiros automáticos deve apresentar os elementos apresentados a seguir:

- a) Rede hidráulica de distribuição, que tem como função alimentar os bicos de *sprinklers* após a chave detector de fluxo de água ou válvula de retenção e alarme;
- b) Rede de abastecimento da chave detector ou válvula de alarme;
- c) Abastecimento de água no sistema.

Com o crescimento dos centros urbanos, é cada vez mais comum a existência de edifícios com grandes áreas e alturas elevadas, além disso, são geralmente nas indústrias e nos centros comerciais que é possível observar materiais de manejo perigoso e grande concentração de pessoas, tornando assim cada vez mais necessária a utilização de sistema de extinção eficaz e automatizado. Sendo assim, pode-se dizer que o sistema de chuveiros automáticos é o mais indicado para esse tipo de edificação, pois apresenta um alarme geral na edificação, é acionado de forma automática, além de possuir uma atuação efetiva, para várias faixas permitidas de temperatura, independente da visibilidade apresentada no local devido a fumaça gerada em caso de princípio de incêndio (BRENTANO, 2007).

A instalação do sistema de chuveiros automáticos tem como função principal dar o combate inicial ao incêndio, ainda na fase inicial, com o objetivo de acarretar em sua total extinção ou controlá-lo, para que o corpo de bombeiros local tenha tempo hábil de ação (BRENTANO, 2007).

O princípio de operação desse tipo de sistema busca isolar o fogo na área atingida inicialmente, atuando com o objetivo de controlá-lo por meio da descarga automática de água na região, sendo assim, grandes áreas podem ser isoladas em pequenas áreas protegidas pelos chuveiros, restringindo assim a propagação do fogo, e consequentemente a redução de danos, em toda a edificação (ALBUQUERQUE, 2020).

Vale destacar a importância da instalação desse tipo de sistema com o objetivo de impedir a propagação de incêndios. Dados estatísticos mostram que em um número aproximado de sessenta mil incêndios ocorridos em edificações que possuíam a instalação de chuveiros automáticos, mostrou-se uma eficiência de 94% dos casos, onde os 6% restantes foram causados por falhas, falta de suprimento de água ou projeto inadequado, o que atesta um alto índice de credibilidade em sua utilização (GONÇALVES; FEITOSA, 1998).

Quanto a exigência do emprego desse tipo de sistema nos municípios do estado da Paraíba, é devido as normativas técnicas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado, que estabelece a sua obrigatoriedade em determinadas classes de riscos de edificações que tenham

algumas características singulares de perigo iminente, que apresentem valores de área construída ou altura elevada, grandes cargas de incêndio e a adoção de subsolos não convencionais (estacionamento).

3.3.1. Classificação dos sistemas de chuveiros automáticos

De acordo com a NBR 10.897 (ABNT 2020), os sistemas de chuveiros automáticos podem ser classificados quanto à orientação de instalação, quanto à velocidade de operação, quanto às condições especiais de uso, quanto às características de desempenho e projeto e quanto à distribuição de água. Desta forma, os sistemas de chuveiros automáticos podem ser classificados como segue:

- Sistema de tubo molhado;
- Sistema de tubo seco;
- Sistema com ação prévia
- Sistema dilúvio
- Sistema combinado de tubo seco e ação prévia

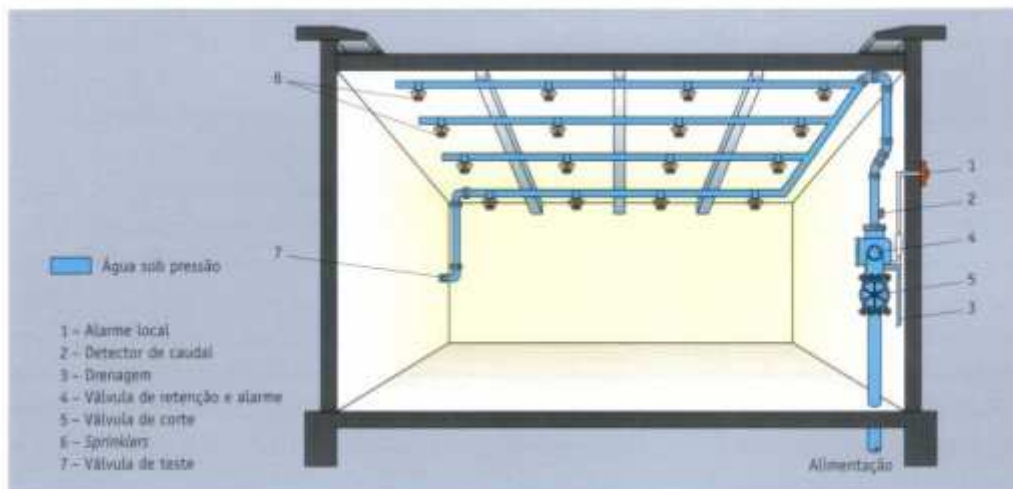
3.3.1.1. Sistema de tubo molhado

Esse sistema é o mais utilizado no mercado nacional e consiste em uma tubulação fixa com a presença de água pressurizada de forma permanente, onde são instalados os chuveiros automáticos ao longo dos seus sub-ramais (Figura 2). O ramal de alimentação é conectado a uma fonte de abastecimento, alimentando assim todos os ramais e sub-ramais.

Quando acionado (a partir do seu elemento termo-sensível – que pode ocorrer por meio da quebra de sua ampola de vidro que contém um líquido expansível com a ação de elevadas temperaturas ou até mesmo uma peça de liga metálica com baixo ponto de fusão), os chuveiros liberam água imediatamente, diminuindo assim a pressão interna na tubulação. Com isso, o conjunto motobomba do sistema é acionado devolvendo água ao sistema. A água é recalçada através de uma coluna de alimentação e passa pela válvula de alarme e governo. O controle desse tipo de sistema é dado pela utilização da válvula de alarme e governo, que tem como função avisar por meio do seu gongo de alarme quando ocorre a abertura de um ou mais bicos devido a presença de um princípio de incêndio, com isso, os chuveiros são responsáveis por detectar, alarmar e combater o fogo. Por se tratar de um sistema húmido, não deve ser utilizado

em locais onde há baixas temperaturas para evitar o congelamento das tubulações (GONÇALVES; FEITOSA, 1998).

Figura 2 - Instalação de sprinklers tubo molhado



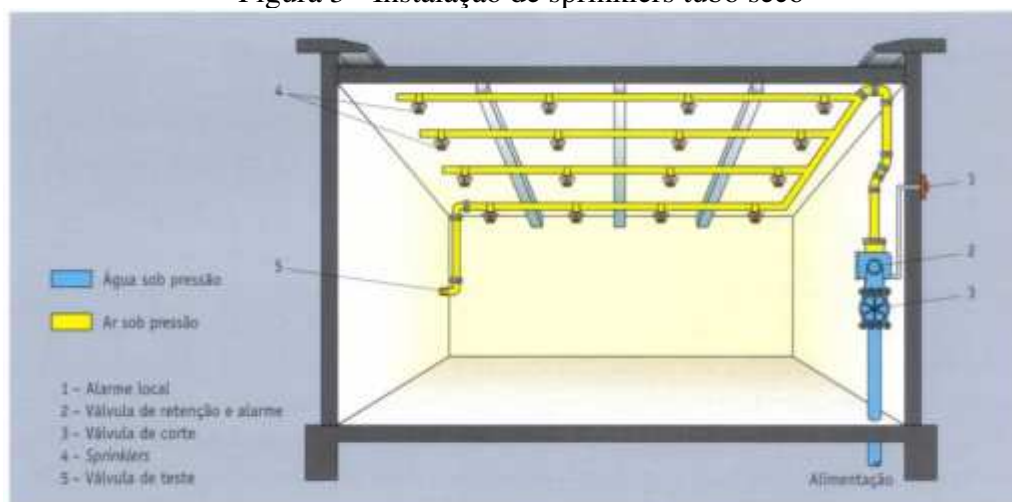
Fonte: Da Silva (2012)

3.3.1.2. Sistema de tubo seco

Semelhantemente ao sistema molhado, o de tubo seco também possui uma rede de tubulação fixa, mas com a presença de ar comprimido ou nitrogênio sob pressão em seu interior. Este sistema é governado por uma válvula que é liberada quando ocorre a saída do gás pressurizado através da abertura de um ou mais bicos, expelindo o ar contido e então sendo preenchido por água na tubulação (Figura 3). Esse tipo de sistema deve ser utilizado em regiões com baixas temperaturas, onde o congelamento da água nas tubulações possa ocasionar problemas para um bom funcionamento do sistema (GONÇALVES; FEITOSA, 1998).

Uma desvantagem que pode ser observada nesse sistema é que há um intervalo maior de tempo entre a saída do gás pressurizado no interior da tubulação e o preenchimento desta pela água, fazendo com que o fogo se alastre pela edificação, acionando assim outros chuveiros antes não atingidos, e, consequentemente aumentando a vazão necessária do sistema. Com isso, devem sempre ser utilizados bicos de resposta rápida e válvulas de acionamento rápido, acelerando assim a abertura da válvula de tubo seco.

Figura 3 - Instalação de sprinklers tubo seco



Fonte: Da Silva (2012)

3.3.1.3. Sistema com ação prévia

Assim como o sistema de tubo seco, neste o ar pode estar ou não pressurizado. Além dos chuveiros automáticos, são conectados ao sistema detectores de incêndio na mesma área protegida pelos chuveiros, interligados direto a válvula de controle, instalada na entrada da rede de detecção. Com o acionamento automático da válvula a água preenche a rede, o alarme do sistema é ativado e água é liberada, a chegando até os bicos nos sub-ramais do sistema (GONÇALVES; FEITOSA, 1998).

O sistema de ação prévia tem como principal vantagem, se comparado ao de tubo seco, a velocidade de abertura da válvula, com o uso de detectores mais sensível que o bulbo presente no chuveiro.

3.3.1.4. Sistema dilúvio

O sistema dilúvio é composto por uma tubulação seca e chuveiros abertos em seus ramais. Nesse sistema, a detecção de incêndio é conectada semelhantemente ao que ocorre na ação prévia, interligando-se à válvula conhecida como dilúvio, instalada no início da rede de alimentação. Com o acionamento de qualquer detector, a válvula abre e a água então entra pela rede e é descarregada por todos os chuveiros abertos, não apenas nos chuveiros presentes na região atingida. No instante que a válvula é acionada, soa um alarme de aviso na edificação de forma simultânea.

3.3.1.5. Sistema combinado de tubo seco e ação prévia

De acordo com a NBR 10.897 (ABNT, 2020), esse sistema é semelhante ao apresentado no tubo seco, diferindo apenas que, quando os detectores são acionados, em caso de princípio de incêndio, ele aciona simultaneamente a válvula de tubo seco sem que haja perdas de pressão do ar comprimido na tubulação. Outro fator importante é que, com o acionamento dos detectores, as válvulas de alívio de ar, localizadas nas extremidades das tubulações gerais da rede, são abertas de forma automática, ocasionando no enchimento das tubulações com água, antes mesmo que os chuveiros automáticos sejam acionados. Isso apenas ocorre devido à sensibilidade elevada dos detectores se comparado aos chuveiros automáticos (BECKER, 2005).

3.3.2. Classificação dos riscos das ocupações

A classificação dos riscos das edificações segundo a ocupação tem como objetivo principal sistematizar a proteção das edificações segundo o seu uso, levando em consideração a carga de incêndio, o risco atrelado ao manuseio ou não de materiais e/ou produtos considerados perigosos, possibilitando assim determinar o número adequado de chuveiros para cada ambiente ou setor.

No que diz respeito ao dimensionamento, esta classificação é utilizada para:

- Determinar o tempo mínimo de operação do sistema quando em funcionamento;
- Determinar a área máxima a ser protegida e controlada por uma válvula de alarme e governo;
- Área de cobertura de atuação dos chuveiros e distância máxima entre eles.

Segundo Bretano (2004), o ponto de partida para a elaboração de um projeto com rede fixa de combate a incêndio é identificar a ocupação correta da edificação. Para o Corpo de Bombeiros Militar do Estado da Paraíba (CBMPB), a classificação das edificações quanto a carga de incêndio instalada segue o que é apresentado na Tabela 1, retirada da NT 004/2013 - CBMPB¹, onde as cargas de incêndios devem ser determinadas conforme apresenta a IT

¹ Disponível em: <https://bravo.bombeiros.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2020/12/NT-no-0042013-CBMPB.pdf>. Acessado em: 24 de março de 2022, às 20 horas e 48 minutos.

014/2019² do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo (CBMSP), em seu Anexo A.

Tabela 1 – Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio

Risco	Carga de Incêndio
Baixo	Até 300MJ/m ²
Médio	Entre 300 e 1.200MJ/m ²
Alto	Acima de 1.200MJ/m ²

Fonte: NT 004 - CBMPB (2013, p. 14)

A NBR 10.897 (ABNT, 2020) separa os riscos da seguinte forma:

3.3.2.1. Ocupações de risco leve

São aquelas cujo o volume de combustibilidade do conteúdo presente na determinação da carga de incêndio são baixas, ou seja, onde é esperado uma taxa pequena de liberação de calor. No Quadro 2 pode ser observado exemplos de edificações que se enquadram nessa classificação de risco.

Quadro 2 - Exemplos de edificações com risco leve

Classificação	Exemplos
Risco leve	Igrejas, clubes, escolas, hospitais e ambulatórios, hotéis, edifícios residenciais, salas de leitura, asilos e casas de repouso, escritórios, processamento de dados, áreas destinadas a refeições em restaurante, administração pública

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

² Disponível em: http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/IT-14-19.pdf. Acessado em: 24 de março de 2022, às 20 horas e 49 minutos.

3.3.2.2. Ocupações de risco ordinário grupo I

São as edificações ou parte dela cuja o teor de combustibilidade é baixo embora a quantidade de material combustíveis seja médio, e neste caso, são esperados incêndios com moderada taxa de liberação de calor (BENTES, 2016). O Quadro 3 apresenta exemplos dessas edificações enquadradas nessa classificação de risco.

Quadro 3 - Exemplos de edificações com risco ordinário Grupo I

Classificação	Exemplos
Risco ordinário - Grupo I	Estacionamentos de veículos, padarias, fabricação de bebidas, fábrica de conservas, fábrica de produtos lácteos, fábrica de produtos eletrônicos, fábrica de vidros, lavanderias, áreas de serviço de restaurantes

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

3.3.2.3. Ocupações de risco ordinário grupo II

São aquelas cuja a quantidade e combustibilidade dos materiais locado na edificação é moderada ou alta. Nestas edificações a taxa de liberação de calor esperada é também de moderada à alta (Quadro 4).

Quadro 4 - Exemplos de edificações com risco ordinário Grupo II

Classificação	Exemplos
Risco ordinário - Grupo II	Moinho de grãos, fábrica de produtos químicos – comuns, confeitarias, destilarias, instalações para lavagem a seco, fábrica produtora de rações para animais, fábrica de couro, bibliotecas com prateleiras altas, áreas de usinagem, indústria metalúrgica, lojas, fábricas de papel e celulose, processamento de papel, píeres e embarcadouros, correios, gráficas, oficinas de automóveis, indústria de tecidos, entre outros.

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

3.3.2.4. Ocupações de risco ordinário grupo III

Semelhantemente as outras duas classificações, neste caso tanto a quantidade quanto a combustibilidade dos materiais presentes na edificação são elevados, o que pode ocasionar em uma grande taxa de liberação de calor em caso de incêndio.

3.3.2.5. Ocupações de risco extraordinário

São aquelas ocupações, onde as quantidades e combustibilidade do local são muito elevadas, o que, em caso de incêndio, provocariam um incêndio com desenvolvimento rápido com grande taxa de liberação de calor. Para estas edificações ficam proibidas a presença de líquidos inflamáveis e combustíveis.

Essa classe de risco é dividida em dois grupos, variando apenas as quantidades de materiais consideradas. No Quadro 5 observa-se alguns exemplos de edificações que fazem parte dessa classificação de risco.

Quadro 5 - Exemplos de edificações com risco extraordinário

Classificação	Exemplos
Risco extraordinário	Saturação com asfalto, aplicação de líquidos inflamáveis, manufatura de casas pré-fabricadas, tanques de óleos abertos, processamento de plásticos, limpeza com solventes, pintura e envernizamento por imersão

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

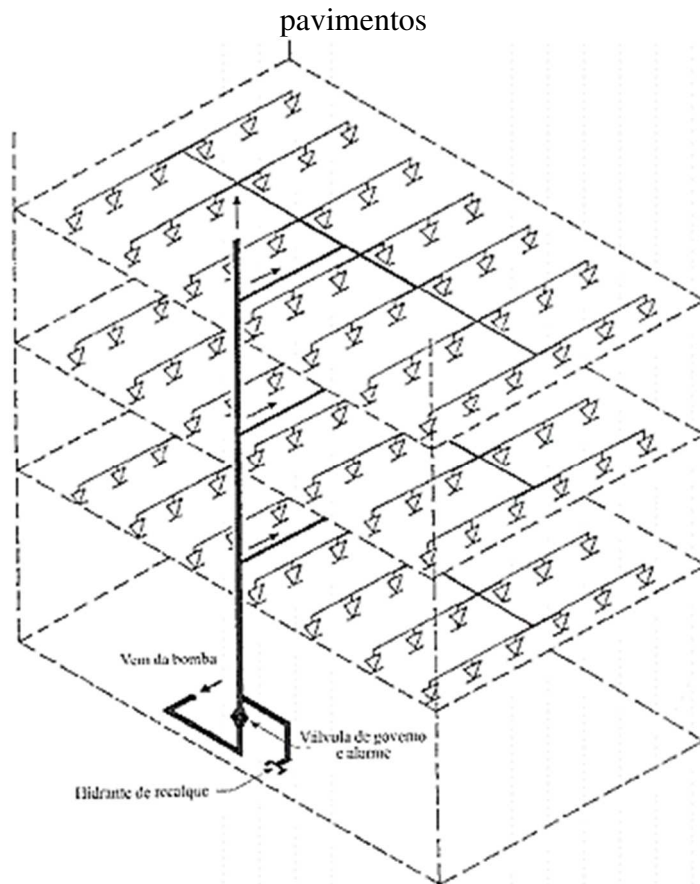
3.3.2.6. Áreas de armazenamento

Diferentemente dos riscos já apresentados, as ocupações que se enquadram nesta classe devem ser protegidas conforme apresenta a NBR 16.981 (ABNT, 2021), pois, para estas, as alturas de armazenagem de materiais perigosos variam conforme a necessidade dos responsáveis.

3.3.3. Rede hidráulica de distribuição do sistema de chuveiros automáticos, tubulações e componentes

O sistema de chuveiros automáticos trata-se de um sistema fixo de combate a incêndio, ou seja, todos os seus elementos são fixos, e é formado principalmente por tubulações, conexões, acessórios e os bicos de *sprinklers*, espaçados adequadamente entre si, controlados por uma válvula principal. Além desses elementos há a presença também de uma fonte de abastecimento de água e de um sistema de pressurização comandado por uma bomba principal e outra reserva. A Figura 4 apresenta um esquema vertical de rede de chuveiros automáticos para edificações com múltiplos pavimentos abastecidos por esse sistema.

Figura 4 – Esquema de um sistema de chuveiros automáticos em uma edificação de múltiplos pavimentos



Fonte: Brentano (2007, p. 111)

3.3.3.1. Fonte de abastecimento de água

De acordo com a NBR 10.897 (ABNT, 2020), todo sistema de chuveiros automáticos deve ser composto por ao menos um abastecimento exclusivo de água (fonte interna) e com operação automática. O abastecimento pode ocorrer com a utilização das seguintes fontes:

- Reservatório elevado;
- Reservatório elevado, apoiado no nível do solo, parcialmente ou totalmente enterrado, piscinas, açudes, represas, lagos ou lagoas, rios, com a utilização de uma ou mais bombas de incêndio;
- Tanque de pressão.

A eficiência do sistema passa diretamente pelo abastecimento de água, devendo então possuir dimensões adequadas, volume e pressões mínimas requeridas nas válvulas de governo e alarme bem como nos chuveiros automáticos mais desfavoráveis do ponto de vista hidráulico (BRENTANO, 2007).

Além da fonte interna de água, é necessário que o sistema esteja também conectado a uma fonte externa, que permite com que haja abastecimento a partir da conexão da auto bomba-tanque do corpo de bombeiros ou por meio da própria rede de abastecimento público de água (com o uso do hidrante urbano), caso apresentem pressão suficiente no momento da ocorrência do incêndio. Isso é feito com a utilização de um hidrante de recalque instalado no passeio da edificação, que nada mais é que um prolongamento da rede que, ao final desta, instala-se um registro globo angular e acessórios para que os bombeiros responsáveis por conter o sinistro possam conectar uma mangueira de incêndio, semelhante àsquelas utilizadas no sistema de hidrantes, ligando a fonte externa até o hidrante de recalque da edificação. A água é então recalçada e segue para alimentar o sistema. A existência de uma fonte externa é de suma importância para garantir que o conjunto esteja sempre alimentado.

3.3.3.2. Sistema de bombeamento e pressurização

O sistema de bombeamento e pressurização é utilizado quando a fonte de abastecimento não fornece pressão suficiente e vazões requeridas pela norma, exceto nos casos onde a fonte se trata de um reservatório elevado que, com o auxílio da gravidade, atenda aos requisitos mínimos necessários para alimentação dos chuveiros mais desfavoráveis hidraulicamente.

Essa parte do sistema de chuveiros automáticos é composto primordialmente por bombas centrífugas, motores, bomba *jockey*, tubulação de sucção e acessórios, tubulação de recalque e acessórios e painel de comando.

- **Bombas centrífugas:** deve fornecer energia suficiente à água para recalca-la de modo a vencer as perdas de cargas ocorridas ao longo de todo o caminhamento até chegar aos chuveiros com vazão e pressão dimensionada. Seu acionamento pode ser feito por meio do uso de pressostato, que é ativado quando o mesmo detecta queda de pressão nas tubulações com a abertura de um ou mais chuveiros automáticos, ou pode ser realizado também com a utilização de uma chave de fluxo, quando ocorre um início de escoamento de água na tubulação;
- **Motores:** podem ser de dois tipos, elétricos ou de combustão interna. É comum a utilização dos dois tipos para que, em falta de energia, a bomba de combustão interna possa suprir o sistema;
- **Bomba *Jockey*:** é responsável pela manutenção da pressão na rede de água, pra que não haja pequenos vazamentos no sistema. É governada por um pressostato, que entra em

funcionamento automaticamente sempre que o sistema detecta pequenas fugas de pressão com valor determinado no equipamento;

- **Painel de comando:** responsável por automatizar e comandar o sistema. Deve possuir os requisitos mínimos apresentados na NT 015/2016 - CBMPB³ em seu Anexo C;
- **Tubulação de sucção:** é um dos principais componentes do sistema de bombeamento, a canalização de sucção é uma das principais responsáveis por falhas no funcionamento das bombas de incêndio. Ela corresponde ao trecho que vai da tomada de água na fonte interna até a entrada na bomba. Pode realizar sucção positiva ou negativa. Sucção positiva é quando a bomba está instalada com seu eixo abaixo do nível de água do reservatório, já a negativa é quando o reservatório está localizado abaixo da bomba de incêndio (BRENTANO, 2007);

Tubulação de recalque: corresponde ao trecho de tubulação que vai da bomba até o ponto mais desfavorável hidráulicamente do sistema, em caso de bombeamento direto.

A Figura 5 apresenta um tipo de sistema de pressurização de combate e prevenção contra incêndio com todos os seus componentes.

Figura 5 – Sistema de bombas (principal, reserva e jockey) do sistema de incêndio



Fonte: Da Silva (2012, p. 28)

³ Disponível em: <https://bravo.bombeiros.pb.gov.br/porta1/wp-content/uploads/2020/12/NT-CBMPB-no-015-2016-SISTEMAS-DE-HIDRANTES-E-MANGOTINHOS.pdf>. Acessado em: 27 de março de 2022, às 12 horas e 34 minutos.

3.3.3.3. Sistema de controle e alarme

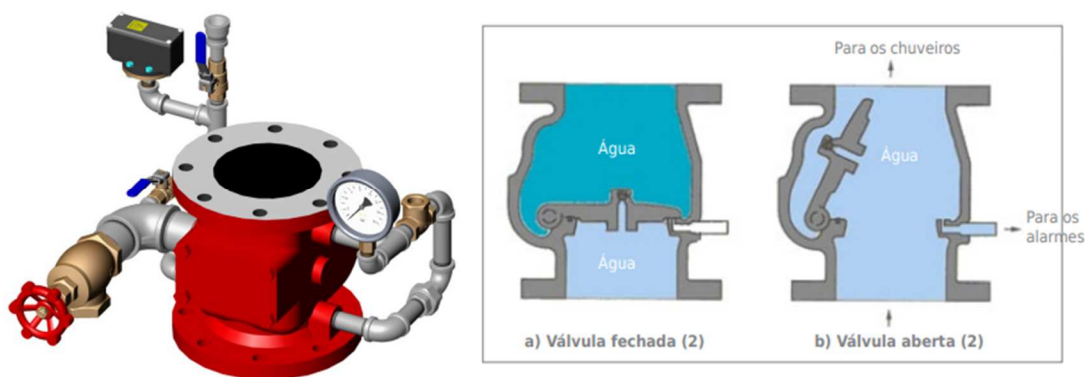
É o componente do sistema que controla o fluxo de água para a rede de distribuição, com a ação de válvulas especiais, além disso faz soar um alarme durante o seu acionamento.

A válvula que comanda o sistema de chuveiros automáticos é denominada de Válvula de alarme e governo (VGA). É uma válvula de retenção com alarme acoplado com acionamento automático, que permite que haja escoamento de água para a rede. Ela pode ser comandada por dispositivos de detecção, por sistemas mecânicos, elétricos, hidráulico ou pneumático (BECKER, 2005).

A válvula de alarme e governo é composta basicamente por:

- Válvula de drenagem de 1 1/2” ou 2” de diâmetro, que tem como função retirar água do sistema e assim abastecer novamente os chuveiros que foram atingidos pelo incêndio;
- Manômetros que medem a pressão na entrada e na saída do conjunto;
- Alarme para acionar o pressostato e alarme hidromecânico.

Figura 6 – Válvula de alarme e seu funcionamento



Fonte: adaptação de catálogo técnico da ARGUS (2011)⁴

3.3.3.4. Sistema de distribuição

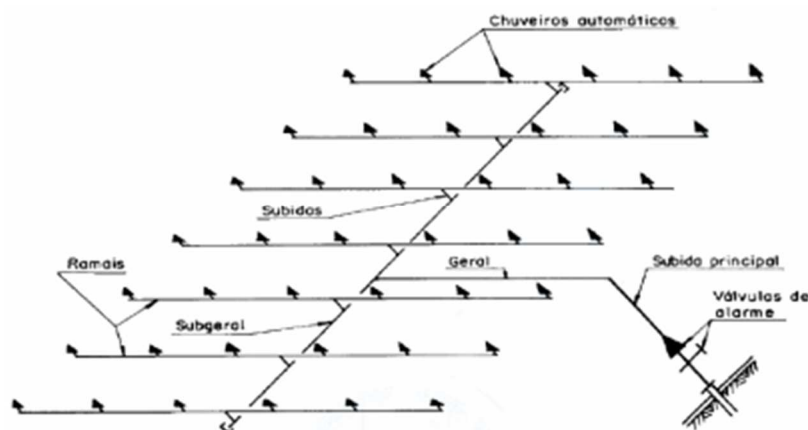
É a parte da rede que compreende as canalizações que alimentam os chuveiros automáticos após sua passagem pela válvula de governo e alarme (Figura 7). Após dimensionada, a rede deve ser prevista com diâmetros apropriados para que a água chegue aos

⁴Disponível

<https://www.gmfmontagens.com.br/assets/content/downloads/08357ff2929a2e4e33e9996a564bece8.pdf>.
Acessado em: 27 de março de 2022, às 15 horas e 02 minutos.

chuveiros mais desfavoráveis hidraulicamente com pressão e vazão mínima requeridas ao sistema (BRENTANO, 2007).

Figura 7 – Rede de distribuição de chuveiros automáticos



Fonte: Gonçalves e Feitosa (1998)

Cada parte do sistema de distribuição recebe uma definição específica que serão descritas abaixo:

a) Tubulações:

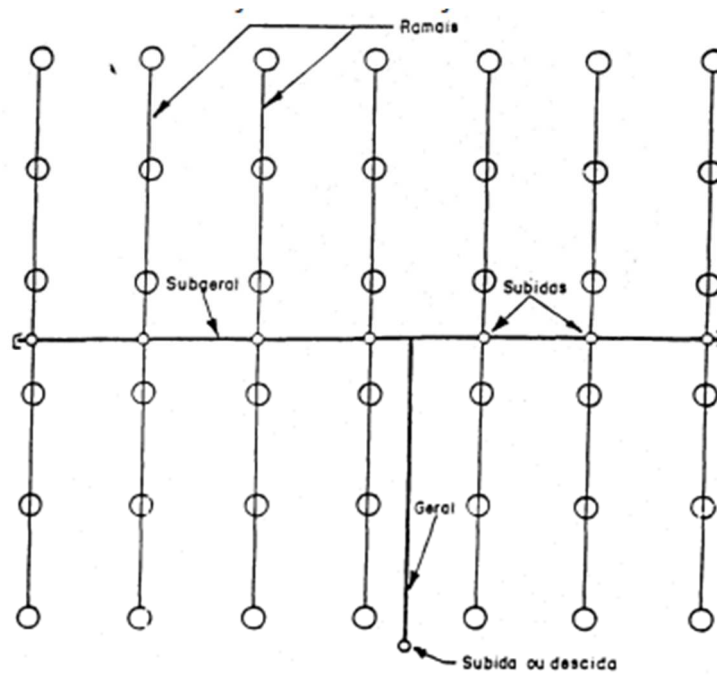
De acordo com a NBR 10.897 (ABNT, 2020), as tubulações deverão ser de aço carbono, aço preto ou galvanizado do tipo BSP (*British Standard Pipe*), ou seja, com rosca cônica onde suas extremidades são biseladas para soldas, ou apresentam sulcos para unhas mecânicas. Elas podem ser aparentes ou não, devem resistir aos esforços mecânicos e não podem estar sujeitas a tensões mecânicas.

As tubulações não devem estar embutidas em elementos estruturais, como lajes e pilares de concreto, além de não poderem ser instaladas em regiões na edificação onde não há necessidade de proteção por chuveiros automáticos, exceto quando as mesmas forem enterradas. Para estas, podem ser utilizadas tubulações de PVC (Policloreto de polivinila) rígido, desde que apresente desempenho semelhante aos primeiros materiais citados (BECKER, 2005).

A NBR 10.897 (ABNT, 2020) nos apresenta as diferentes definições para as tubulações em um sistema de distribuição de chuveiros automáticos, são elas:

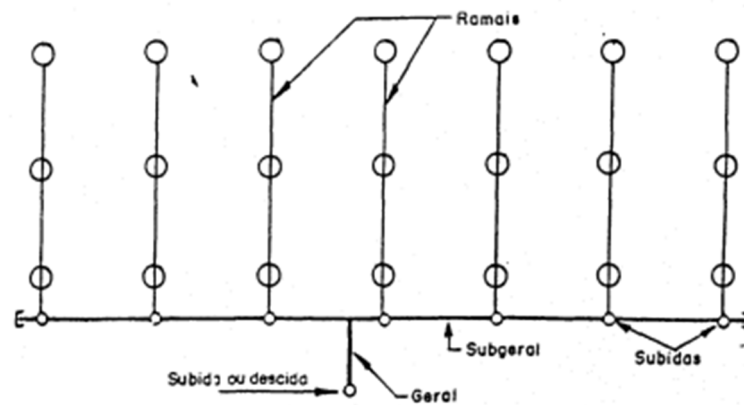
- Sub-ramais – são formados por pequenos trechos de tubulação que conecta o chuveiro automático ao ramal caso o mesmo não seja diretamente conectado na tubulação. Os tubos horizontais devem possuir no máximo 60 centímetros de comprimento;
- Ramais – são alimentados pelos subgerais e se tratam de ramificações do sistema onde os chuveiros automáticos são conectados diretamente. Neste caso, os ramais podem ser divididos quanto a sua posição com relação a alimentação e ao subgeral, conforme podem ser observados nas figuras 8 a 10;
- Subgerais – é a tubulação responsável por alimentar os ramais, interligando a tubulação geral aos ramais;
- Geral ou Tronco – são as canalizações que tem como função abastecer os ramais ou subgerais;
- Subidas ou descidas – são canalizações em posição vertical, que podem ser tanto subidas como descidas, que varia conforme o sentido de passagem da água, que são responsáveis por realizar a conexão entre a rede de chuveiros automáticos nos mais variados níveis da edificação, a conexão entre os subgerais e ramais, além da ligação entre os chuveiros e os ramais quando a subida ou descida ultrapassar 30 centímetros de comprimento (BECKER, 2005).
- Coluna de incêndio ou coluna principal – é a tubulação vertical que liga a fonte de abastecimento de água às canalizações gerais que abastece os ramais e, consequentemente, os chuveiros automáticos. A jusante do seu trecho encontra-se a válvula de alarme e governo.

Figura 8- Ramais centrais com alimentação central



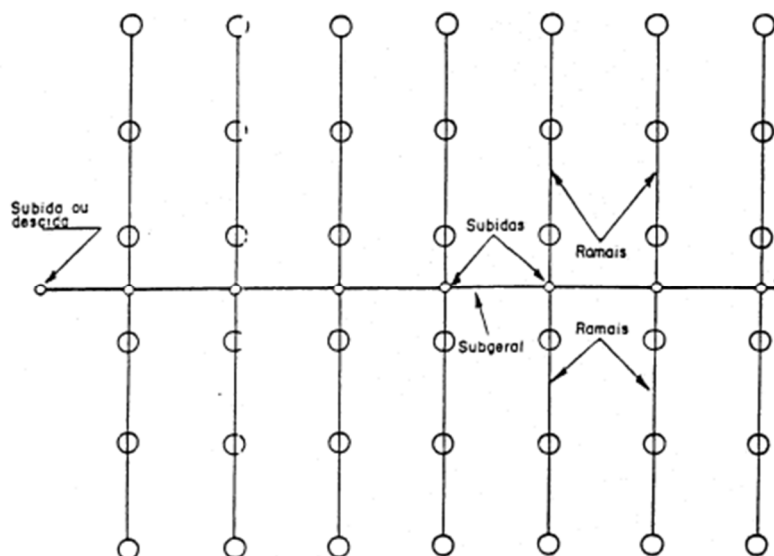
Fonte: Gonçalves e Feitosa (1998)

Figura 9 - Ramais laterais com alimentação central



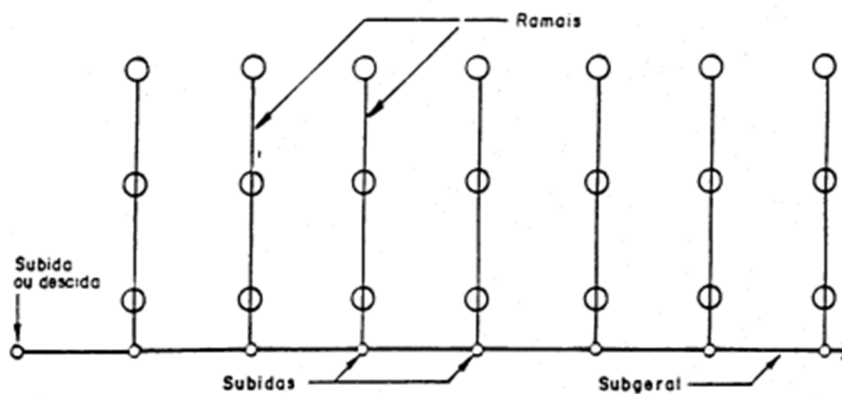
Fonte: Gonçalves e Feitosa (1998)

Figura 10 - Ramais centrais com alimentação lateral



Fonte: Gonçalves e Feitosa (1998)

Figura 11 - Ramais laterais com alimentação lateral



Fonte: Gonçalves e Feitosa (1998)

b) Chuveiros:

De acordo com a NBR 16.400 (ABNT, 2018), os chuveiros automáticos ou *sprinklers* são dispositivos capazes de projetar água em forma de chuva, onde são dotados de elementos termo sensíveis que reagem à elevadas temperaturas, que, quando alcançada, provoca a abertura de seu orifício de descarga.

Os *sprinklers* devem possuir marca ou certificado conforme prescrito em norma, ou mesmo aprovados por entidades internacionais reconhecidas, além disso devem ser sempre observadas as orientações e restrições impostas pelo fabricante, quanto aos tipos de chuveiros

e seus métodos de instalação. As Figuras 12 e 13 apresentam os componentes básicos do *sprinkler* para diferentes tipos de elementos termo sensível

Figura 12 – Componentes do chuveiro automático



Fonte: Da Silva (2012, p. 43)

Quanto ao tipo, os chuveiros automáticos podem ser:

- Abertos – esse tipo de chuveiro não possui elemento termo sensível permanecendo abertos de modo permanente. São mais comuns no sistema de tipo dilúvio quando o risco é extraordinário;
- Automáticos – esses ficam fechados através de elemento termo sensível (fusível metálico ou ampola de vidro) e apenas entram em funcionamento quando a temperatura ultrapassa os limites do equipamento (*sprinklers*), rompendo assim o elemento que o mantém fechado hermeticamente. A diferença dos chuveiros automáticos para os abertos é que neste caso cada chuveiro age de forma independente;
- Automáticos com ampola de vidro – é um dos tipos de chuveiros automáticos, onde seu elemento termo sensível trata-se de uma ampola de vidro composto por um líquido extremamente expansível que, sob a ação de elevadas temperaturas o líquido em seu interior provoca um aumento da pressão ao comprimir a bolha de ar e ocupar seu espaço, a ampola então se rompe, liberando o fechamento hermético e, conseqüentemente, a água. Vale salientar que existem diversas colorações para ampolas e essas colorações indicam a faixa de temperatura de cada chuveiro, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Limites de temperatura, classificação e código de cores dos chuveiros automáticos com ampola de vidro

Máxima temperatura no teto °C	Limites de temperatura °C	Classificação da temperatura	Código de cores	Cor do líquido do bulbo de vidro
38	57 – 77	Ordinária	Incolor ou preta	Vermelha ou laranja
66	79 – 107	Intermediária	Branca	Amarela ou verde
107	121 – 149	Alta	Azul	Azul
149	163 – 191	Extra-alta	Vermelha	Roxa
191	204 – 246	Extra-extra-alta	Verde	Preta
246	260 – 302	Ultra-alta	Laranja	Preta
329	343	Ultra-alta	Laranja	Preta

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

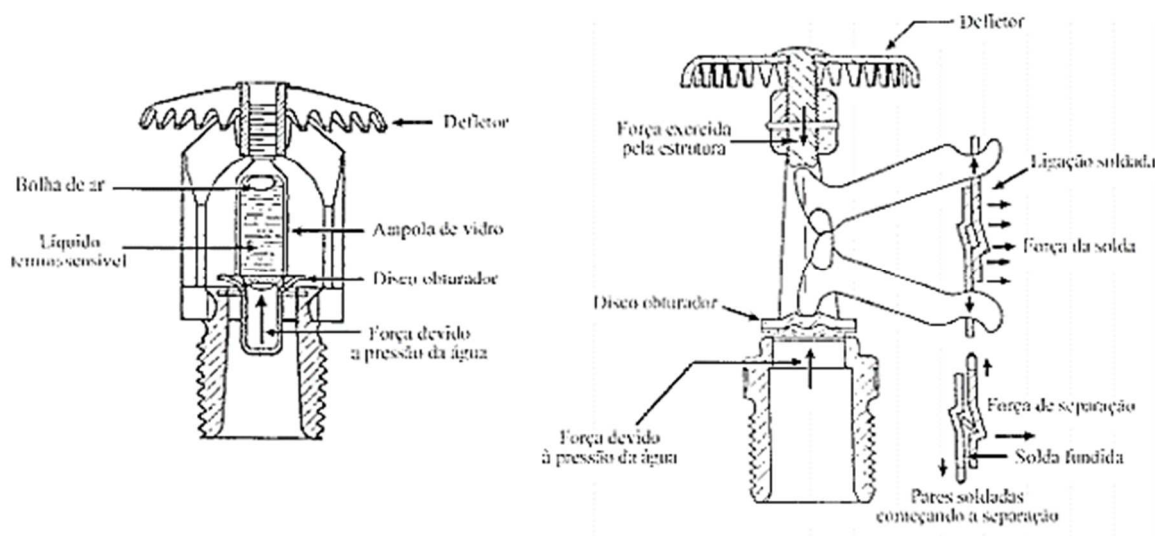
- Automáticos com fusíveis de liga metálica – semelhante ao chuveiro com ampola de vidro, o chuveiro com fusível de liga metálica entra em funcionamento com o derretimento da liga, no qual existe um ponto de fusão pré-definido e então é liberada a água. A liga metálica é composta por dois metais com pequenos pontos de fusão, que, entre eles, é produzida uma solda com ponto de fusão ainda menor, facilitando assim seu rompimento. Na Tabela 3 é possível observar a existência de diferentes chuveiros para atender faixas de temperaturas diversas.

Tabela 3 – Limites de temperatura, classificação e código de cores dos chuveiros automáticos com fusível de liga metálica

TEMPERATURA MÁXIMA DO TELHADO (C)	TEMPERATURA RECOMENDADA DO CHUVEIRO (C)	CLASSIFICAÇÃO DA TEMPERATURA DE FUNCIONAMENTO	COR DOS BRAÇOS DO CORPO DO CHUVEIRO
38	57 a 77	ORDINÁRIA	INCOLOR
66	79 a 107	INTERMEDIÁRIA	BRANCA
107	121 a 149	ALTA	AZUL
149	163 a 191	MUITO ALTA	VERMELHA
191	204 a 246	EXTRA ALTA	VERDE
246	260 a 302	ALTÍSSIMA	LARANJA
329	343	ALTÍSSIMA	LARANJA

Fonte: Becker (2005, p. 51)

Figura 13 - Chuveiros automáticos com elementos termos sensíveis de ampola de vidro e fusível



Fonte: Brentano (2007, p. 182)

Quanto a posição de instalação do defletor, eles podem ser:

- Do tipo pendente – tem sua instalação de forma vertical onde o jato de água é direcionado para baixo. Esse tipo de *sprinkler* é utilizado em situações onde a edificação apresente teto falso;
- Chuveiro em pé – tem sua instalação também de forma vertical, mas, diferentemente do tipo pendente, o jato de água é direcionado para cima. Esse tipo de chuveiro automático é comumente utilizado em áreas industriais, armazéns, em estantes com grandes alturas, onde não exista forro ou teto falso;
- Chuveiro lateral ou de parede – são *sprinklers* que possuem um defletor especial com a capacidade de descarregar a água lateralmente, distanciando da parede mais próxima ao local de sua instalação. Esse tipo de *sprinkler* se assemelha a um quart de esfera, embora apenas um pequeno deste volume de água descarregado retorna para a parede.

Na Figura 14 é possível observar os diversos tipos de instalação do defletor dos chuveiros automáticos.

Figura 14 – Tipos de montagem de chuveiros automáticos (ascendente, pendente e lateral)



Fonte: Da Silva (2012, p. 48)

3.3.4. Disposições da rede hidráulica do sistema de chuveiros automáticos

Existem diversas formas de distribuir a rede de chuveiros automáticos para que atenda às necessidades arquitetônicas, estruturais e hidráulica. No que se refere ao contexto hidráulico, todas as opções funcionarão adequadamente (desde que atenda as exigências de pressões e vazões). O que difere é o custo atrelado a escolha da rede, que, para edificações com grandes áreas e/ou grande número de pavimentos esse custo poderá influenciar diretamente na solução adotada (BRENTANO, 2007).

De acordo com a NBR 10.897 (ABNT, 2020), as redes de chuveiros automáticos podem ser divididas em **redes abertas** ou **redes fechadas**.

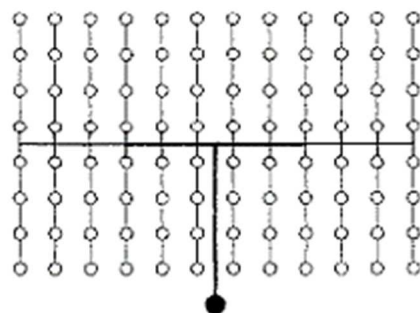
3.3.4.1. Redes hidráulicas abertas

Segundo Brentano (2007, p. 113):

Nas redes hidráulicas de distribuição aberta, a água circula nos ramais somente num sentido, suprimindo os ramais, onde estão conectados os chuveiros automáticos, somente por uma de suas extremidades, isto é, têm uma disposição ramificada ou em forme de “espinha de peixe”.

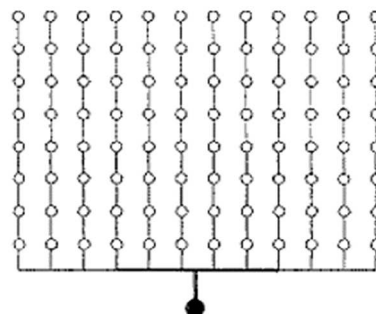
Pode-se observar nas Figuras 15 a 18 diversas disposições para as canalizações na rede hidráulica aberta.

Figura 15 – Disposição da rede hidráulica aberta com alimentação central, com ramal central



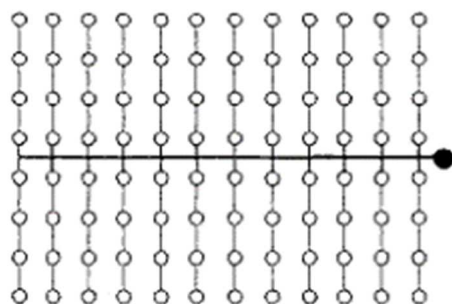
Fonte: Brentano (2012, p. 113)

Figura 16 - Disposição da rede hidráulica aberta com alimentação central, com ramal lateral



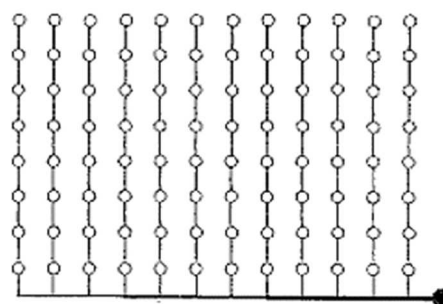
Fonte: Brentano (2012, p. 113)

Figura 17 - Disposição da rede hidráulica aberta com alimentação central pela extremidade, com ramal central



Fonte: Brentano (2012, p. 113)

Figura 18 - Disposição da rede hidráulica aberta com alimentação lateral pela extremidade, com ramal lateral



Fonte: Brentano (2012, p. 113)

3.3.4.2. Redes hidráulicas fechadas

Nas redes hidráulicas fechadas ou emalhadadas, a alimentação dos sub-ramais ocorre por dois caminhos, fazendo com que a água alimente a rede de forma circular até chegar nos bicos dos chuveiros automáticos. Nesse tipo de configuração, é possível notar uma economia considerável na instalação da rede, pois são necessários diâmetros menores, e, conseqüentemente, ocorre uma redução nas perdas de pressão durante o percurso. Isso ocorre porque a rede é alimentada simultaneamente por suas extremidades opostas.

De acordo com Brentano (2007, p. 114):

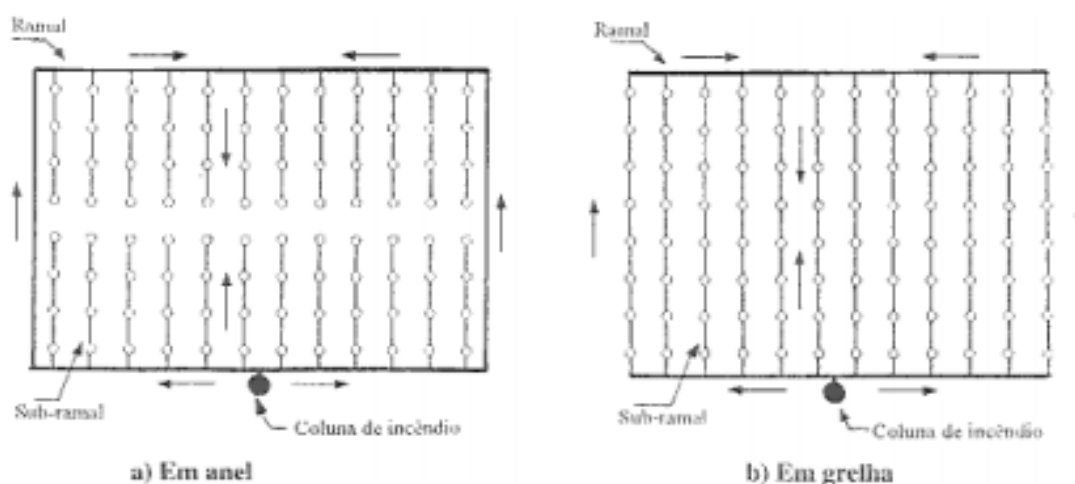
Nas redes hidráulicas de distribuição fechada, os ramais estão ligados entre si de tal forma que podem ser alimentados com água pelas suas duas extremidades, reduzindo assim, a queda de pressão devido à divisão dos escoamentos e os diâmetros das canalizações.

Ainda segundo Brentano (2007, p. 114), existem duas formas de rede hidráulica fechada, são elas (Figura 19):

Rede em anel: os ramais estão conectados entre si formando um anel, permitindo sua alimentação de água pelos dois lados. Por sua vez, os sub-ramais são alimentados por uma de suas extremidades [...]. Os cálculos podem ser feitos manualmente, mas são trabalhosos.

Rede em grelha: os sub-ramais estão conectados aos ramais pelas suas duas extremidades formando um reticulado, criando múltiplos caminhos de escoamento de água, ocasionando menores perdas de pressão e diâmetros e uma melhor distribuição do abastecimento de água. Um chuveiro automático em operação deve receber água pelas duas extremidades do sub-ramal [...]. Devido à complexidade, os cálculos só podem ser feitos por computador.

Figura 19 - Arranjos de redes hidráulicas de chuveiros automáticos de distribuição fechada



Fonte: Brentano (2007, p. 114)

3.3.5. Métodos de dimensionamento

Os métodos de dimensionamento de sistemas de chuveiros automáticos podem ser realizados com o uso de tabelas e/ou por cálculo hidráulico, embora, a segunda opção seja sempre a mais aconselhável por atender a todas as situações e por não gerar super dimensionamentos das redes (GONÇALVES; FEITOSA, 1998).

3.3.5.1. Dimensionamento utilizando tabelas

De acordo com a NBR 10.897 (ABNT, 2020), para sistemas a serem implantados, o dimensionamento por tabela apenas poderá ser utilizado se a área a ser aplicada for inferior a

465 m², embora este método de dimensionamento possa ser utilizado para edificações que busquem ampliar ou modificar a sua rede existente no qual foram dimensionados por esse método.

Os diâmetros das tubulações, com a utilização desse método de dimensionamento, são definidos de acordo com valores pré-estabelecidos por tabelas definidas em normas, relacionando apenas a classe do risco de ocupação.

A NBR 10.897 (ABNT, 2020) nos apresenta as tabelas utilizadas no dimensionamento conforme a ocupação da edificação e suas respectivas observações.

Para ocupações classificadas com risco leve, os diâmetros devem atender à Tabela 4 e os ramais não devem ultrapassar oito chuveiros automáticos em cada lado da tubulação subgeral.

Tabela 4 – Tabela de dimensionamento para riscos leves

Aço		Cobre	
DN (mm)	Número de chuveiros	DN (mm)	Número de chuveiros
20	–	20	–
25	02	25	02
32	03	32	03
40	05	40	05
50	10	50	12
65	30	65	40
80	60	80	65
90	100	90	115
100	Ver 7.3	100	Ver 7.3

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

Quando houver a instalação de chuveiros automáticos acima e abaixo de forros ou tetos deve ser utilizada a Tabela 5 para tubulações até 65 mm. Para diâmetros excedentes estes devem ser aumentados até atingir resultado satisfatórios de dimensionamento.

Tabela 5 – Tabela para dimensionamento para riscos leves (chuveiros automáticos acima e abaixo de forros e tetos)

Aço		Cobre	
DN (mm)	Número de chuveiros	DN (mm)	Número de chuveiros
20	–	20	–
25	02	25	02
32	03	32	03
40	07	40	07
50	15	50	18
65	50	65	65

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

Para ocupações classificadas com risco ordinário, os diâmetros devem atender à Tabela 6, e os ramais não devem ultrapassar oito chuveiros automáticos em cada lado da tubulação subgeral. Quando os chuveiros apresentarem espaçamentos maiores que 3,7 m entre si, a quantidade a ser utilizada deve estar conforme a Tabela 7.

Tabela 6 - Tabela de dimensionamento para riscos ordinários

Aço		Cobre	
DN (mm)	Número de chuveiros	DN (mm)	Número de chuveiros
25	02	25	02
32	03	32	03
40	05	40	05
50	10	50	12
65	20	65	25
80	40	80	45
90	65	90	75
100	100	100	115
125	160	125	180
150	275	150	300
200	Ver 7.3	200	Ver 7.3

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

Tabela 7 – Números de chuveiros automáticos para distâncias superiores a 3,7 m (risco ordinário)

Aço		Cobre	
DN (mm)	Número de chuveiros	DN (mm)	Número de chuveiros
65	15	65	20
80	30	80	35
90	60	90	65
NOTA: Outros diâmetros podem ser encontrados na Tabela 33.			

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

Para a instalação de chuveiros automáticos acima e abaixo de forros ou tetos em edificações de risco ordinário deve ser utilizada a Tabela 8 para tubulações até 80 mm. Para diâmetros excedentes esses devem ser aumentados até atingir resultado satisfatórios de dimensionamento.

Tabela 8 - Tabela para dimensionamento para riscos ordinários (chuveiros automáticos acima e abaixo de forros e tetos)

Aço		Cobre	
DN (mm)	Número de chuveiros	DN (mm)	Número de chuveiros
25	02	25	dois
32	04	32	quatro
40	sete	40	sete
50	15	50	18
65	30	65	40
80	60	80	65

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

De acordo com Gonçalves e Feitosa (1998), o roteiro para dimensionamento de sistemas de chuveiros automáticos com o uso de tabelas deve seguir as seguintes etapas:

- 1º. Etapa:** escolher a norma a ser utilizada (NFPA, FOC, ABNT);
- 2º. Etapa:** determinar o risco de acordo com a ocupação da edificação;
- 3º. Etapa:** determinar a área máxima de cobertura dos chuveiros, determinada em função da classe de risco da edificação;
- 4º. Etapa:** determinar a distância máxima entre os ramais e entre os chuveiros, utilizando a Tabela 9;

Tabela 9 - Áreas máximas de cobertura e distâncias máximas entre chuveiros automáticos

Tipo de teto	Método de cálculo	Área de cobertura m ²			Distância máxima entre chuveiros automáticos m		
		Leve	Ordinária	Extra	Leve	Ordinária	Extra
Não combustível obstruído e não obstruído; combustível não obstruído	Calculado por tabela	18,6	12,1	8,4	4,6		3,7
	Cálculo hidráulico	20,9		9,3 a 12,1 ^a		3,7 a 4,6 ^b	
Combustível obstruído	Calculado por tabela	15,6		8,4			3,7
	Cálculo hidráulico			9,3 a 12,1 ^a		3,7 a 4,6 ^b	
Combustível com elementos estruturais distanciados a menos de 0,90 m	Calculado por tabela	12,1		8,4			3,7
	Cálculo hidráulico			9,3 a 12,1 ^a		3,7 a 4,6 ^b	

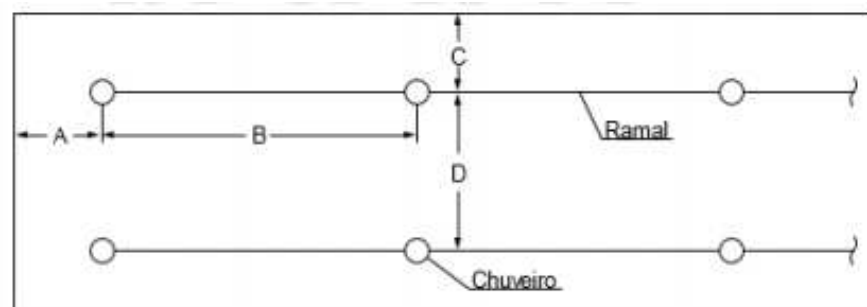
^a Área de cobertura, risco extra: 9,3 m², se densidade ≥ 10,2 mm/min, e 12,1 m², se densidade < 10,2 mm/min.

^b Espaçamento máximo: 3,7 m, se densidade ≥ 10,2 mm/min, e 4,6 m, se densidade < 10,2 mm/min.

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

- 5º. Etapa:** determinar a área do pavimento a ser protegido conforme layout apresentado;
- 6º. Etapa:** determinar o espaçamento entre os chuveiros e entre os ramais;
- 7º. Etapa:** determinar a área de cobertura de cada chuveiro através da multiplicação da distância entre os chuveiros e a distância entre os ramais de alimentação, ou adotar o dobro da distância da parede mais próxima do último ramal em uma das parcelas (adotando-se sempre o maior valor em ambos os casos). Essa etapa pode ser visualizada conforme mostra a Figura 20.

Figura 20 - Área de cobertura



Se $A \times 2 > B$, então $A \times 2 = S$
 Se $B > A \times 2$, então $B = S$
 Se $C \times 2 > D$, então $C \times 2 = L$
 Se $D > C \times 2$, então $D = L$
 Área por chuveiro = $S \times L$

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

- 8º. Etapa:** determinar a quantidade limite de chuveiros permitida na canalização. Isso é feito através do uso das tabelas anteriores apresentadas (Tabelas 4 até 8);
- 9º. Etapa:** determinar o “layout” que mais se adeque a necessidade da arquitetura;
- 10º. Etapa:** determinar a vazão mínima para o sistema por meio de tabela, relacionando o tempo de duração de funcionamento necessário em caso de incêndio, conforme classe do risco de ocupação da edificação.
- 11º. Etapa:** determinar a pressão mínima necessária na válvula de alarme e governo por meio de tabela, relacionando o tempo de duração e o risco de ocupação. Esse valor deverá ser somado ao desnível entre o chuveiro mais desfavorável hidráulicamente e a válvula, somando-se com a pressão entre ela e a bomba, fornecendo como resultado a pressão querida na bomba de pressurização.
- 12º. Etapa:** determinar a potência da bomba através da pressão e vazão nominal;
- 13º. Etapa:** determinar o volume do reservatório, multiplicando a vazão final pelo tempo de funcionamento requerido para o sistema.

3.3.5.2. Dimensionamento por cálculo hidráulico – rede aberta

O dimensionamento de um sistema de chuveiros automáticos por cálculo hidráulico trata-se da seleção de diâmetros de tubulações, levando em consideração a sua perda de carga, que forneça a vazão necessária e a pressão mínima exigida sobre uma área específica, mais desfavorecida hidráulicamente. Segundo Brentano (2007), sobre o cálculo hidráulico pode-se definir que:

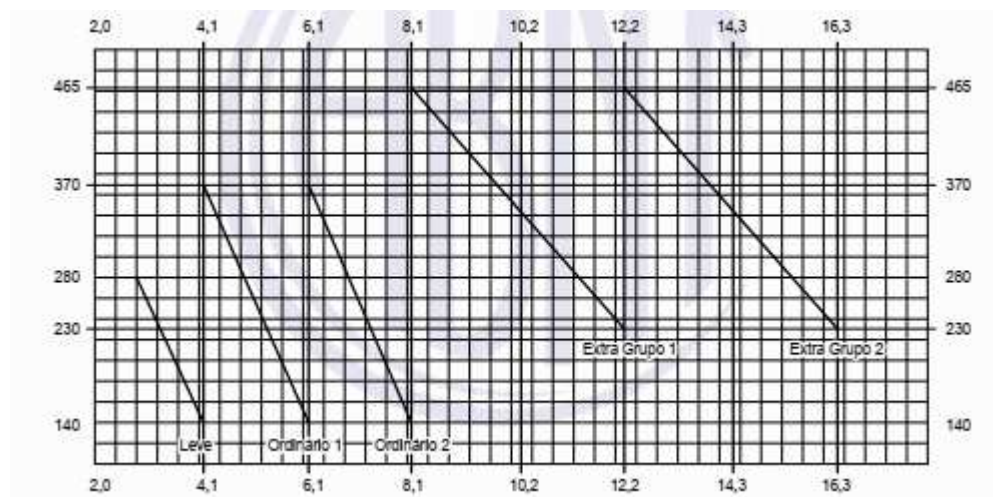
O cálculo hidráulico de um sistema de chuveiros automáticos proporciona que cada chuveiro automático tenha uma vazão de água sobre sua área de cobertura que corresponda, no mínimo, à densidade determinada sobre toda a área de aplicação, com uma pressão calculada capaz de produzir esta vazão, que deve ser igual ou maior que a pressão mínima recomendada por norma (Brentano, 2007, p. 333).

O cálculo hidráulico é direcionado apenas a área mais desfavorável hidráulicamente da rede, pois como a atuação dos chuveiros ocorre apenas no local onde está ocorrendo o incêndio, sua ação acaba sendo mais eficaz, controlando e compartimentando o fogo, gerando assim uma rede mais enxuta e viável economicamente no ponto de vista de materiais e equipamentos. A área mais desfavorável (área de aplicação ou operação) utilizada para o dimensionamento da rede é a de forma retangular que apresenta as maiores perdas de carga e menores vazões e

pressões em seus trechos e *sprinklers*, respectivamente. Com isso, Brentano (2007) alerta que, não se faz necessário o dimensionamento de toda a rede, porque, ao atender a está área mais desfavorecida hidráulicamente, as demais serão atendidas por estarem posicionadas em locais mais favoráveis do ponto de vista hidráulico.

Além da área de aplicação ou operação, outro elemento crucial para o dimensionamento da rede é a densidade de água. Para Brentano (2007), a densidade de água é a vazão mínima por m² que a área de operação deverá possuir em função da classe de risco da edificação, como pode ser observado na Figura 21.

Figura 21 - Curva de densidade de área de acordo com a classe de risco



Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

De acordo com Brentano (2007), as etapas de dimensionamento para o sistema de chuveiros automáticos por cálculo hidráulico para rede aberta são:

- 1º. Etapa:** escolher a norma a ser utilizada (NFPA, FOC, ABNT);
- 2º. Etapa:** determinar o risco de acordo com a ocupação da edificação;
- 3º. Etapa:** determinar a área máxima de cobertura dos chuveiros, determinada em função da classe de risco da edificação;
- 4º. Etapa:** determinar a distância máxima entre os ramais e entre os chuveiros, utilizando a Tabela 9;
- 5º. Etapa:** determinar a área do pavimento a ser protegido conforme *layout* apresentado;
- 6º. Etapa:** determinar o espaçamento entre os chuveiros e entre os ramais.

As seis primeiras etapas são as mesmas apresentadas no cálculo por tabela, conforme item 4.3.5.1. deste trabalho.

7º. Etapa: determinar a área de aplicação e a densidade de água.

Define-se uma área retangular e mais desfavorável hidraulicamente, como pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 - Área de aplicação



Fonte: Brentano (2007, p. 334)

A Figura 21 é utilizada para determinar a densidade de água, onde adota-se uma área de aplicação que atenda o intervalo da reta da classe de risco da edificação, localizada no eixo das ordenadas. Após isto, é traçada uma reta paralela ao eixo das abscissas até interceptar a reta apropriada à classe de risco, e por fim, projeta-se o referido ponto de interseção sobre o eixo das abscissas. É comum utilizar a área de aplicação mínima permitida para a classe de risco da edificação, que gera uma densidade de água maior, resultando assim em uma economia na reserva de incêndio.

Na Tabela 10, adaptada por Bentes (2016), são apresentados os principais valores de densidade de água.

Tabela 10 - Valores de áreas mínimas, médias e máximas e suas respectivas densidades de água por classe de risco

Risco Leve			
Área de aplicação Mínima	140 m²	Densidade máxima	4,1
Área de aplicação Média	200 m²	Densidade média	3,4
Área de aplicação Máxima	279 m²	Densidade mínima	2,8
Risco Ordinário			
Grupo I			
Área de aplicação Mínima	140 m²	Densidade máxima	6,1 L/min.m²
Área de aplicação Média	250 m²	Densidade média	5,1 L/min.m²
Área de aplicação Máxima	372 m²	Densidade mínima	4,1 L/min.m²
Grupo II			
Área de aplicação Mínima	140 m²	Densidade máxima	8,1 L/min.m²
Área de aplicação Média	250 m²	Densidade média	7,1 L/min.m²
Área de aplicação Máxima	372 m²	Densidade mínima	6,1 L/min.m²
Risco Extraordinário			
Grupo I			
Área de aplicação Mínima	230 m²	Densidade máxima	12,2 L/min.m²
Área de aplicação Média	350 m²	Densidade média	10,2 L/min.m²
Área de aplicação Máxima	465 m²	Densidade mínima	8,1 L/min.m²
Grupo II			
Área de aplicação Mínima	230 m²	Densidade máxima	16,3 L/min.m²
Área de aplicação Média	350 m²	Densidade média	14,3 L/min.m²
Área de aplicação Máxima	465 m²	Densidade mínima	12,2 L/min.m²

Fonte: Bentes (2016, p. 34)

8º. Etapa: determinar o número de chuveiros automáticos que devem estar contidos na área de aplicação.

É determinado por meio da equação (1):

$$N_{ch} = \frac{A_a}{A_c} \quad (1)$$

Onde:

N_{ch} – Número de chuveiros automáticos na área de aplicação

A_a – Área de aplicação em m²;

A_c – Área de cobertura de cada chuveiro automático em m².

As áreas máximas de cobertura de cada chuveiro automático, de acordo com a classe de risco da edificação, podem ser observadas na Tabela 9 (seção 3.3.5.1.).

9º. Etapa: determinar o maior lado da área de aplicação.

Para Brentano (2007), o maior lado é aquele que se apresenta na direção dos sub-ramais, onde a menor dimensão é 20% maior se comparada a outra direção. Sendo assim, tem-se que:

$$L_m = 1,2 * \sqrt{A_a} \quad (2)$$

Onde:

L_m – Número de chuveiros automáticos na área de aplicação

A_a – Área de aplicação em m².

10º. Etapa: determinar o número máximo permitido de chuveiros automáticos no lado maior da área de aplicação.

Deve ser determinado pela seguinte expressão:

$$N_{Lm} = \frac{L_m}{a} \quad (3)$$

Onde:

N_{Lm} – Número de chuveiros no lado maior da área de aplicação;

L_m – Lado maior da área de aplicação, em metros.;

a – Espaçamento entre os chuveiros automáticos presentes no lado maior, em metros.

O espaçamento máximo permitido entre os chuveiros pode ser observado na Tabela 9 (seção 3.3.5.1.).

11º. Etapa: determinar a vazão e pressão no chuveiro automático mais desfavorável hidráulicamente.

A vazão é dada pela seguinte relação:

$$Q_i = D_a * A_c \quad (4)$$

Onde:

Q_i – Vazão do chuveiro automático mais desfavorável hidráulicamente, em L/min;

D_a – Densidade mínima de água no chuveiro mais desfavorável hidráulicamente, em L/min.m².;

A_c – Área de cobertura de cada chuveiro automático em m².

Para a pressão, pode ser determinada com a seguinte expressão:

$$P_i = \left(\frac{Q_i}{K}\right)^2 \quad (5)$$

Onde:

P_i – Pressão no chuveiro automático mais desfavorável hidráulicamente, em L/min;

K – Fator de vazão, característico de cada chuveiro automático utilizado, em $L/(\text{min} \cdot \sqrt{\text{kPa}})$.

De acordo com NBR 10.897 (ABNT, 2020), a pressão mínima atuante no chuveiro mais desfavorável hidráulicamente não deve ser inferior a 5 m.c.a.

Com relação ao fator K , segundo a NBR 10.897 (ABNT, 2020) ele pode ser definido como uma constante que relaciona a vazão do chuveiro com a pressão dinâmica que nele atua, definindo assim a capacidade de descarga do chuveiro automático. Na Tabela 11 podemos observar vários valores de K de acordo com o diâmetro nominal da rosca do sprinkler.

Tabela 11 – Características de descarga dos chuveiros automáticos (fator K)

Fator nominal K		Diâmetro nominal da rosca mm
$L/\text{min}/\text{bar}^{1/2}$	$\text{gpm}/\text{psi}^{1/2}$	
20	1,4	DN 15
25	1,9	DN 15
40	2,8	DN 15
60	4,2	DN 15
80	5,6	DN 15
115	8,0	DN 15 ou DN 20
160	11,2	DN 15 ou DN 20
200	14,0	DN 20
240	16,8	DN 20
280	19,6	DN 25
320	22,4	DN 25
360	25,2	DN 25
400	28,0	DN 25

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

12º. Etapa: determinar a pressão e vazão no segundo chuveiro automático mais desfavorável.

Deve-se determinar a vazão Q_{j-i} no trecho j-i. Como este trecho está entre o primeiro e o segundo chuveiro, apenas a vazão de do chuveiro “i” é atuante, logo essa vazão é igual a vazão Q_i . De posse da vazão é possível então determinar o diâmetro necessário da tubulação para atender a vazão no trecho. Utilizando a equação de *Forcheimmer* tem-se:

$$d_{j-i} = 1,3 * \sqrt{Q_{j-i}} * \sqrt[4]{X} \quad (6)$$

Onde:

d_{j-i} – Diâmetro do trecho calculado, em metros;

Q_{j-i} – Vazão do trecho, em m^3/s ;

X – É a relação entre o tempo de funcionamento da bomba em um dia ($T/24$). Normalmente considera-se $T = 1$ hora, tendo então que $\sqrt[4]{X} = 0,45$.

Em seguida, determina-se a perda de carga no trecho j-i (hp_{j-i}). Utiliza-se então a equação de *Hazen-Williams* pela seguinte equação:

$$hp_{j-i} = \frac{10,65 * L_{j-i} * Q_{j-i}^{1,85}}{C^{1,85} * d_{j-i}^{4,97}} \quad (7)$$

Onde:

hp_{j-i} – Perda de carga no trecho, em metros;

L_{j-i} – Comprimento do trecho, em metros;

C – Coeficiente de atrito de *Hazen-Williams*, que pode ser obtido pela Tabela 12;

d_{j-i} – Diâmetro do trecho calculado, em metros;

A perda de carga localizada pode ser determinada utilizando o método dos comprimentos equivalentes, no qual será acrescido ao comprimento L_{j-i} o comprimento equivalente referente a perda de carga devido a presença de peças e conexões no trecho. Um exemplo de tabela com os comprimentos equivalentes de conexões pode ser observado na Tabela 13.

Tabela 12 - Coeficiente C de atrito de Hazen-Williams

Aço corrugado (chapa ondulada)	C = 60	Aço com juntas lock-bar, tubos novos	130
Aço com juntas lock-bar, em serviço	90	Aço galvanizado	125
Aço rebitado, tubos novos	110	Aço rebitado, em uso	85
Aço soldado, tubos novos	130	Aço soldado, em uso	90
Aço soldado com revestimento especial	130	Cobre	130
Concreto, bom acabamento	130	Concreto, acabamento comum	120
Ferro fundido, novos	130	Ferro fundido, após 15-20 anos de uso	100
Ferro fundido, usados	90	Ferro fundido revestido de cimento	130
Madeiras em aduelas	120	Tubos extrudados, P.V.C.	150

Fonte: Porto (2006, p.54)

Tabela 13 - Exemplo de tabela com equivalências da perda de carga das conexões

Equivalência da Perda de Carga das Conexões TUPY BSP em Metros de Tubos de Aço Galvanizados													
DIÂMETRO NOMINAL	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
	0,23	0,35	0,47	0,70	0,94	1,17	1,41	1,88	2,35	2,82	3,76	4,70	5,64
	0,22	0,33	0,44	0,67	0,89	1,11	1,33	1,76	2,23	2,68			
		0,16	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73	2,16	2,59
		0,61	0,81	1,22	1,63	2,03	2,44	3,25					
			0,27	0,41	0,55	0,68	0,82	1,04	1,37	1,64	2,18		
	0,16	0,24	0,32	0,48	0,64	0,79	0,95	1,27	1,59	1,91	2,54		
		0,25	0,34	0,50	0,67	0,84	1,01	1,35	1,68	2,01	2,69		4,04
	0,10	0,15	0,20	0,30	0,41	0,51	0,61	0,81	1,02	1,22			
			0,43	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73					
	0,04	0,06	0,08	0,12	0,17	0,21	0,25	0,33	0,41	0,50	0,66	0,83	0,99
	0,34	0,51	0,69	1,03	1,37	1,71	2,06	2,74	3,43	4,11	5,49	6,86	8,23
	0,42	0,62	0,83	1,25	1,66	2,08	2,50	3,33	4,16	4,99	6,65	8,32	9,98
			0,09	0,13	0,18	0,22	0,27	0,36	0,44	0,55	0,73		
			0,44	0,66	0,88	1,10	1,31	1,75	2,19	2,70	3,51		
	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,41	0,49	0,59			
	0,34	0,50	0,67	1,01	1,35	1,68	2,02	2,69	3,36	4,02			
			0,28										
			0,30										
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		

Fonte: catálogo técnico da TUPY⁵

Calcula-se então a pressão no chuveiro “j”, através da seguinte expressão:

$$p_j = p_i + h_{2-1} + (\text{perdas singulares}) \quad (8)$$

Onde:

p_j – Pressão no segundo chuveiro mais desfavorável hidraulicamente;

p_i – Pressão no chuveiro mais desfavorável hidraulicamente;

h_{p_j-i} – Perda de carga no trecho, em metros.

⁵ Disponível em: < https://www.plastolandia.com.br/media/Catalogos/CATALOGO_TUPY.pdf>. Acessado em: 07 de abril de 2022.

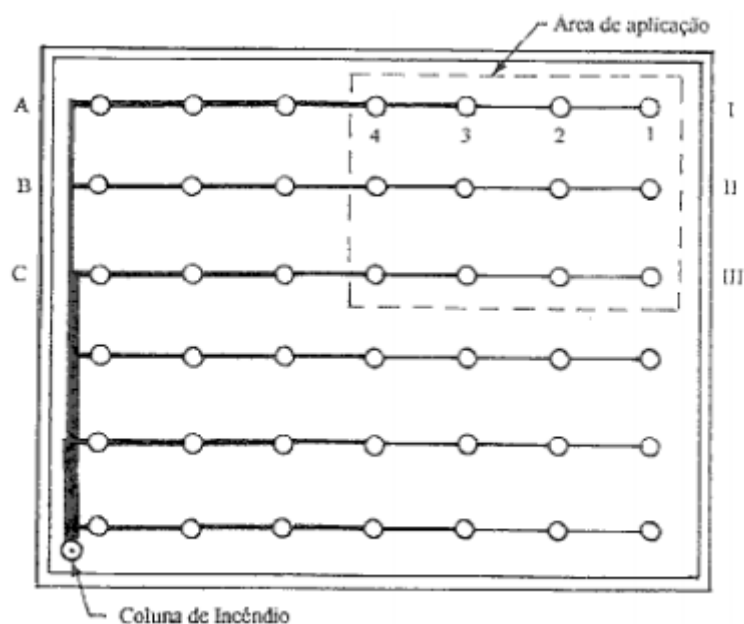
Para determinar a vazão proveniente do chuveiro “j”, utiliza-se a Equação 5 isolando-se a vazão, pois a pressão passa a ser um valor conhecido e determinado. Essa vazão será somada a do trecho a montante para então ser utilizada no dimensionamento do trecho a jusante.

A partir desse chuveiro essa etapa de cálculo repete-se para os demais, realizando o mesmo cálculo para os chuveiros presentes na área de atuação antes definida. Devem ser determinados para trecho analisado: vazão, diâmetro e perda de carga. Para os chuveiros devem ser conhecidos: pressão e vazão.

13º. Etapa: determinar a vazão e pressão no ponto de conexão entre o sub-ramal e o ramal.

Para exemplificar, esta conexão entre tubulações pode ser observada na Figura 23, com a intercepção do sub-ramal I e o ramal de alimentação do sistema (Ponto A).

Figura 23 - Exemplo de planta com esquema de área de aplicação para rede aberta de distribuição



Fonte: Brentano (2007, p. 342)

De acordo com Brentano (2007), deve ocorrer um balanceamento nas pressões nos pontos de encontro entre os ramais e os sub-ramais

Em cada conexão a pressão necessita ser balanceada para manter o equilíbrio, uma vez que não podem coexistir duas pressões diferentes no mesmo ponto. Devem ser consideradas no cálculo a mais alta pressão no ponto de junção e a vazão total (Brentano, 2007, p. 346).

Para o exemplo em questão e com o uso de uma planilha para memória de cálculo, apresentada na Figura 24, é possível determinar a vazão acumulada no ponto A (Q_A) que deverá

ser igual a pressão no trecho anterior (4-3), somando-se a vazão do chuveiro automático de número quatro. Determina-se então o diâmetro do trecho no ponto A, utilizando a equação (6), a perda de carga no trecho com o uso da equação (7) e pressão no ponto A, somando-se a pressão do chuveiro automático 4 e perda de carga no trecho, antes dimensionada.

Figura 24 - Exemplo de planilha para dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos

MEMÓRIA DE CÁLCULO																	
Chuveiro	Trecho	Vazão			Diâmetro			Comprimento			Perda de carga		Desnível	Pressão		Fator K	Observações
		Chuveiro	Trecho	Balançada	Calculado	Adotado	Referência	Real	Equivalente	Total	Unitária	Total		mca	kPa		
-	-	V _{min}	V _{min}	V _{min}	mm	mm	pol	m	m	m	m	m	m	mca	kPa	*	-
1																	
	1-2																
2																	
	2-3																
3																	
	3-4																
4																	
	4-A																
Nº A																	
	A-B																
Nº B																	
	B-C																
Nº C																	
	C-MB																
Nº																	

(*) Unidades do Fator K no SI: $\text{l/min} \cdot \text{mca}^{-0.5}$ e $\text{l/min} \cdot \text{kPa}^{-0.5}$.

Fonte: Brentano (2007, p. 349)

14º. Etapa: determinar o fator K para o ponto A.

Após calculados a vazão e pressão atuante no ponto A, para efeito de cálculo, considera-se este como um chuveiro automático com as propriedades de vazão e pressão já determinadas. Utilizando a equação (5) e isolando-se o fator K, é então definida esta propriedade para o ponto em análise em $\text{L}/(\text{min} \cdot \sqrt{\text{kPa}})$.

15º. Etapa: determinação da vazão que alimenta o sub-ramal II.

A vazão do trecho B-A é a mesma atuante no ponto A e, por possuir a mesma vazão, o diâmetro do trecho é o mesmo do trecho segmento A-4. Com essas informações é possível calcular a perda de carga no trecho e a pressão no ponto B, somando-se a ela a pressão no ponto A e a perda de carga do trecho à montante. Realiza-se por fim, o balanceamento da vazão no ponto B, utilizando o mesmo fator K determinado para o ponto A.

Para determinar a vazão que alimenta o sub-ramal III utiliza-se o mesmo procedimento, lembrando-se de considerar as vazões do ponto A e B no trecho C-B. A vazão Q_c no ponto C é obtida realizando o mesmo procedimento de balanceamento aqui descrito, utilizando-se o fator K do ponto A, que terá valores semelhantes ao fator K do ponto B.

16º. Etapa: determinar a pressão na bomba.

Utiliza-se o mesmo procedimento mostrado nas etapas 14 e 15 considerando todas as perdas singulares do trajeto.

17º. Etapa: determinar o desnível geométrico total e altura manométrica total.

Deve ser observada a situação mais desfavorável hidraulicamente, observando a diferença de cota entre o nível de água do reservatório e o ponto mais baixo da rede calculada.

Para determinar a altura manométrica utiliza-se a seguinte equação:

$$hm_t = h_g + p_{MB} + hp_s \quad (9)$$

Onde:

hm_t – Altura manométrica total, em metros;

h_g – Altura geométrica total;

p_{MB} – Pressão no ponto MB (na bomba), em metros;

hp_s – Perda de carga na tubulação de sucção, em metro.

18º. Etapa: determinar o volume necessário para a reserva técnica de incêndio que atenda a rede de chuveiros automáticos

O volume necessário é calculado a partir da equação a seguir:

$$V_{RTI} = Q_s * T \quad (10)$$

Onde:

V_{RTI} – Volume da reserva técnica de incêndio, em litros ou m^3 ;

Q_s – Vazão final do sistema ou vazão total atuante na área de aplicação, em m^3/h ;

T – Tempo mínimo de operação do sistema de acordo com a classe de risco da ocupação (ver Tabela 14), em horas.

Tabela 14 – Duração da reserva de água de acordo com a categoria de risco

Categoria de risco	Duração min
Leve	30
Ordinário – Grupos 1 e 2	60
Extraordinário – Grupos 1 e 2	90

Fonte: NBR 10.897 (ABNT, 2020)

3.3.5.3. Dimensionamento por cálculo hidráulico – rede fechada

Para calcular redes fechadas envolvendo uma grande quantidade de tubulações, se torna uma tarefa mais complexa se comparada ao dimensionamento de redes abertas. Para isso, para solucionar esse tipo de problema quanto a distribuição de vazões nos trechos de uma rede fechada, utiliza-se um conjunto de equações que satisfaça condições básicas de equilíbrio. Para Porto (2006), duas condições básicas devem ser atendidas:

Estas equações são escritas de modo a satisfazer duas condições básicas para equilíbrio do sistema, que são:

- c) A soma algébrica das vazões em cada nó da rede é igual a zero.
- d) A soma algébrica das perdas de carga (partindo e chegando ao mesmo nó) em qualquer circuito fechado dentro do sistema (malhas ou anéis) é igual a zero (Porto, 2006, p. 178).

Para o dimensionamento de redes fechadas pode-se utilizar o método conhecido como *Hardy Cross* com o objetivo de balancear as vazões e pressões na rede. Após determinado essas propriedades são possíveis calcular o diâmetro da tubulação utilizando também a equação de *Forchheimer*.

De acordo com Albuquerque (2020, p. 26), o método de *Hardy Cross* é modelo de cálculo iterativo que tem como objetivo realizar o balanceamento das vazões e pressões de acordo com as Leis da Conservação da Massa e da Energia, bem como na relação que ocorre entre a vazão e a perda de carga no trecho, utilizando a fórmula universal de perda de carga ou pela utilização da equação de *Hazen-Williams*.

Porto (2006) destaca que, apesar de existirem outros métodos, *Hardy Cross* possibilita um desenvolvimento manual de cálculo, para sistemas simples, com um elevado número de variáveis e maior complexidade da rede. O método requer uma análise não linear, com isso,

apenas é possível realizar o dimensionamento da rede com a utilização de ferramentas computacionais.

Inicialmente, deve-se realizar uma estimativa da vazão e, partindo da Lei da Conservação da Massa, toda vazão que entra deve sair do sistema. Utilizando a relação da Lei da Conservação da Energia, realiza-se o balanceamento da vazão adotada inicialmente (BENTES, 2016). A equação a seguir representa a vazão que deve ser determinada em cada trecho:

$$Q = Q_0 + \Delta Q \quad (11)$$

Onde:

Q – Vazão final;

Q_0 – Vazão estimada inicialmente;

ΔQ – Fator de correção da vazão adotada.

Segundo Bentes (2016), a perda de carga que percorre todo o circuito e retorna ao ponto inicial deve ser nula, bem como a soma algébrica de todas as vazões. Utilizando o binômio de Newton é possível obter a seguinte equação:

$$\sum h_p = \sum K * Q^n = \sum K * [Q_a + \Delta Q]^n = \sum K * Q_a^n * \left[1 + \frac{\Delta Q}{Q_a}\right]^n = 0 \quad (12)$$

Na prática, ΔQ é muito pequeno se comparado a Q_a , desconsidera-se então a sua influência, com isso, a Equação 12 resume a seguinte expressão:

$$\sum K * Q_a^n = -n \sum K * Q_a^{n-1} * \Delta Q \quad (13)$$

Por fim, desenvolvendo a Equação 13, tem-se que:

$$\Delta Q = - \frac{\sum K * Q_a^n}{n \sum \frac{\Delta H_a}{Q_a}} \quad (14)$$

Para o perfeito funcionamento desse método, deve se realizar as correções das perdas de carga em todas as malhas da rede, antes que seja realizada uma nova iteração no sistema. O método só deve ser encerrado caso o ΔQ atinja valores inferiores a precisão do método, definida antes de iniciar o dimensionamento.

3.4.SOFTWARES UTILIZADOS

Neste item serão apresentados os softwares utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, além disto será abordado um pouco a respeito de uma das ferramentas utilizadas para apresentação dos resultados, a curva ABC.

3.4.1. EPANET

O EPANET é um programa de computador que realiza simulações estáticas e dinâmicas de redes de abastecimento de água pressurizadas. Ele foi traduzido e melhorado pelo Laboratório de Eficiência energética e Hidráulica em Saneamento – LENHS, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), disponibilizando uma versão em português do *software* com um manual denominado Manual do EPANET 2.0 Brasil com a inserção da ferramenta LENHSNET, que é uma ferramenta de dimensionamento ótimo do sistema levando em conta parâmetros de custo e pressão mínima requerida na rede.

Com isso, o software permite:

1. Obter vazões em cada tubulação;
2. Pressão em cada nó da rede;
3. Altura da água em cada reservatório, que pode ser de nível fixo ou variado;
4. Qualidade da água;

Além da sua ampla utilização em sistemas de distribuição de água, é também possível criar diversos cenários de redes de incêndio de pequeno e grande porte, como é o caso das redes de chuveiros automáticos.

3.4.2. HYDROS

Trata-se de um *software* de dimensionamento hidráulico criado pela empresa AltoQi. Nele é possível gerar um modelo eletrônico da rede hidráulica interna de uma edificação, possibilitando sua visualização tanto em planta como em vistas isométricas, dimensionando assim a rede por completo, gerando também tabelas de verificações de pressões e lista de materiais.

Outro fator que torna o software bastante utilizado para o dimensionamento hidráulico de edificações é a sua capacidade em trabalhar com pavimentos integrados entre si.

3.4.3. REVIT

Desenvolvido pela empresa Autodesk, o REVIT é um arquivo de modelagem e dimensionamento multidisciplinar, onde nele é possível compartilhar de forma simultânea entre diversos profissionais.

Idealizado para utilizar a Plataforma BIM (*Building Information Modeling*), o REVIT é capaz de abranger não só a geometria do material, mas as suas relações espaciais, informações gerais do objeto, além de fornecer planilhas automáticas de quantitativos de materiais e apresentar, em forma de parâmetros de informações, as propriedades construtivas dos objetos.

Para a modelagem hidráulica o REVIT permite a utilização de uma segmentação do software, o MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*), que permite a elaboração de projetos nas áreas de elétrica, hidráulica e climatização.

3.4.4. CURVA ABC

Muito utilizada no âmbito empresarial, de acordo com Reichardt e Junior (2017, p. 7), a curva ABC tem como objetivo simbolizar a relação entre o número de produtos vendidos ou consumidos versus o lucro ou custo gerado.

Segundo Reichardt e Junior (2017, p. 7), a curva ABC pode ser exemplificada como 80% do valor que representa o ganho ou o custo de um determinado produto, quanto os 20% restantes correspondem ao número de produtos vendido ou consumidos, sendo assim, essa relação possibilita definir que uma pequena parcela de tudo o que é comercializado representa até 80% do ganho ou custo gerado (*apud* Koch, 2006).

Sobre a denominação ABC, esta é utilizada com o objetivo de subdividir os dados obtidos em três categorias, denominadas classe A, B e C, que após coletados, são tratados e apresentados em forma de tabelas ou gráficos, tendo como mais importante os produtos listados na classe A (REICHARDT E JUNIOR, 2017, p. 8).

4. METODOLOGIA

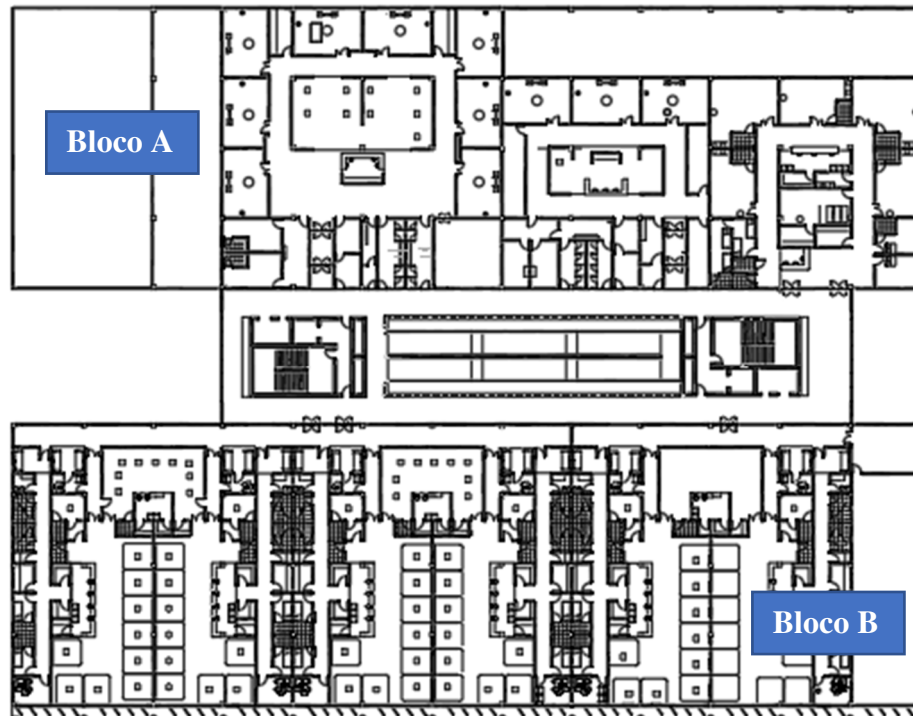
Para a realização deste trabalho foi utilizado como estudo de caso um complexo hospitalar a ser construído na cidade de Campina Grande, localizada no estado da Paraíba, obra essa de responsabilidade da Superintendência de Obras do Plano de Desenvolvimento do Estado - SUPLAN. De acordo com a Tabela 1 a edificação está enquadrada em risco baixo apresentando carga de incêndio equivalente a 300 MJ/m^2 , informações extraídas da NT 004 (2013) do CBMPB. Com relação ao que apresenta a NBR 10.897 (ABNT, 2020), a classificação está inserida no grupo leve, como pode ser observado na Tabela 2, visto que a edificação se trata de um complexo hospitalar.

A edificação é dividida em dois blocos principais que contam com toda a estrutura de ensino médico e atendimento a diversas especialidades da área da saúde, além disso, ela conta com mais um bloco central que proporciona a interligação destes blocos extremos por meio de um corredor, escadas e rampa de emergência. A área total construída do complexo hospitalar é de $23.599,43 \text{ m}^2$, sendo composto pela edificação principal dotada de quatro pavimentos, com altura entre pavimentos habitados de $18,30 \text{ m}$ e outras edificações adjacentes (casa de gás, de resíduo e guarita).

Com relação a instalação de chuveiros automáticos na edificação, o sistema deverá ser instalado nos seguintes pavimentos: Nível 04 e Nível 03. Tal solução foi adotada devido à distância percorrida pela população dos pavimentos, em um dos blocos, não atenderem ao limite estabelecido por norma, o que leva ao responsável pelo projeto adotar soluções que busquem mitigar esses efeitos, uma das soluções é a adoção deste sistema no local do pavimento que não atendem a legislação em questão. Quanto ao sistema de pressurização, ele será locado no barrilete, abaixo do reservatório inferior com a utilização de duas bombas elétricas (principal e reserva) e a utilização de uma bomba *jockey* para controlar a pressão nas tubulações. Tal sistema ainda deverá estar conectado aos geradores da edificação para o caso de falta de energia na mesma o sistema não ser afetado pelo evento.

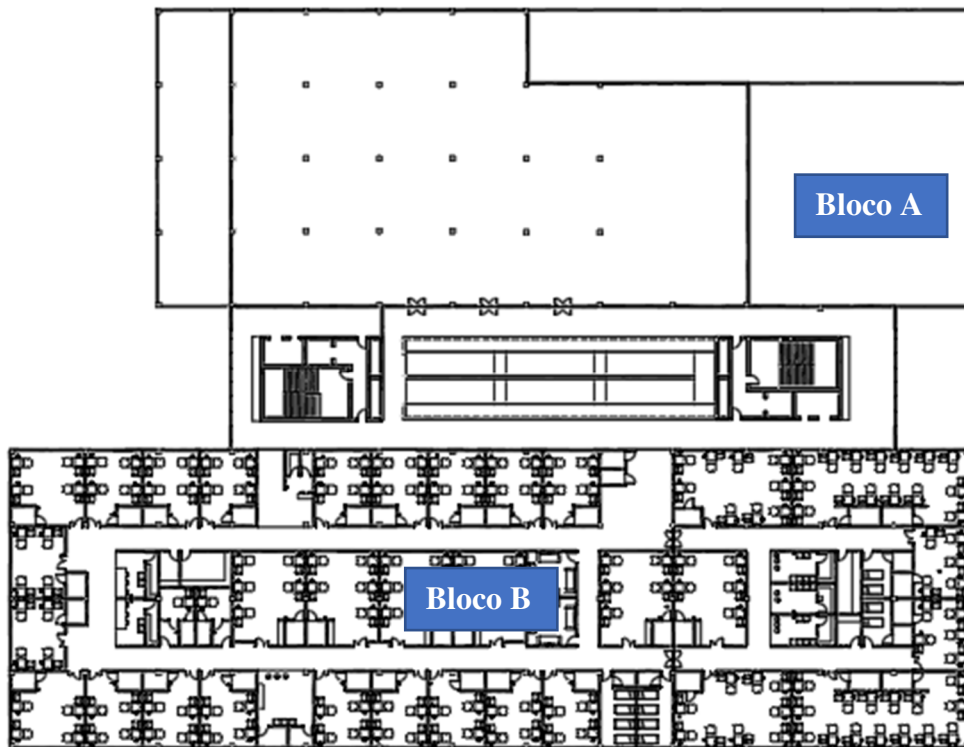
Nas Figuras 25 e 26 pode ser observado o *layout* da arquitetura da edificação para os Níveis 03 e 04 considerados.

Figura 25 – Blocos A e B do Nível 03 do Hospital das Clínicas de Campina Grande



Fonte: fornecido pela SUPLAN

Figura 26 – Blocos A e B do Nível 04 do Hospital das Clínicas de Campina Grande



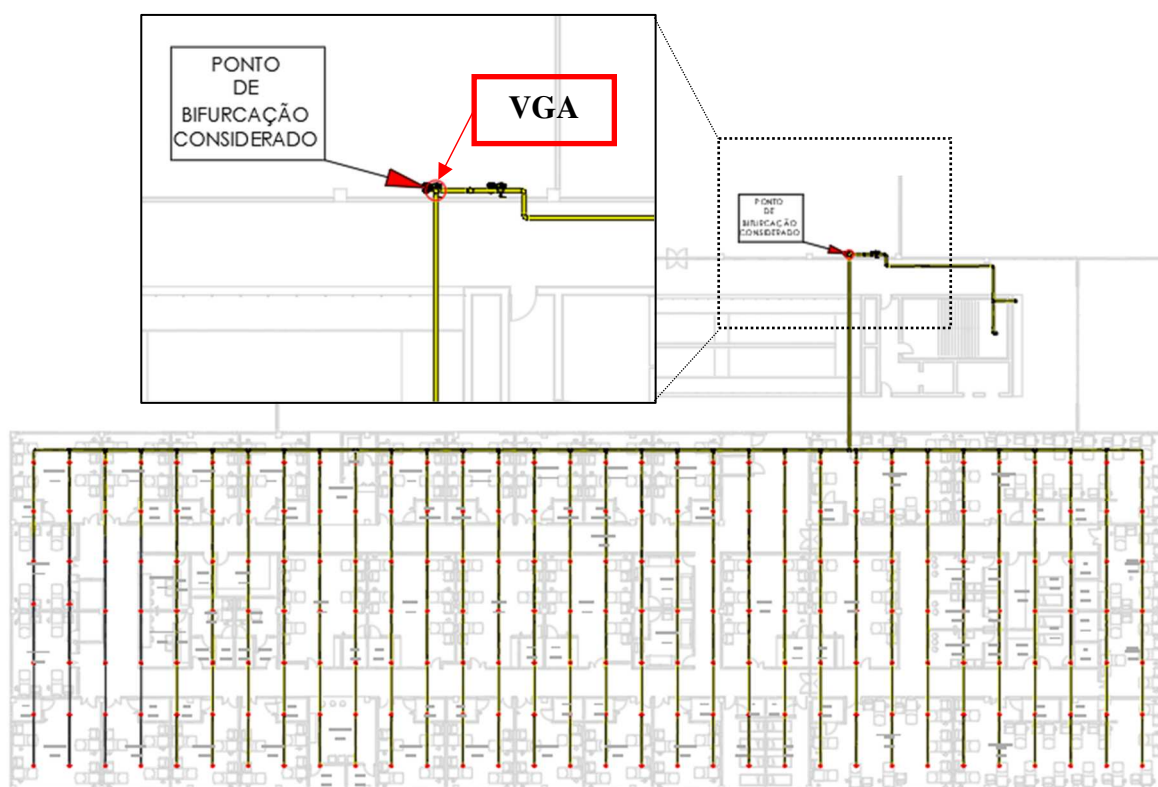
Fonte: fornecido pela SUPLAN

De modo a garantir uma melhor comparação entre os métodos de distribuição da rede de chuveiros automáticos, esses foram locados de acordo com que preconiza a NBR 10.897 (ABNT, 2020), padronizando as distâncias de modo a haver a mesma quantidade de *sprinklers* nos ramais, bem como as distâncias entre os chuveiros e os ramais.

Assim, realizou-se os dois tipos de distribuição do sistema de *sprinklers*, rede ramificada (aberta) e rede malhada (fechada), ambos com os mesmos parâmetros de cálculo. Então realizou o seu dimensionamento, cada qual com sua concepção e método de cálculo (método hidráulico), conforme apresentado na contextualização teórica deste trabalho.

Para efeito de comparação, foi desprezado o sistema de pressurização, visto que foi fixada uma pressão no ponto de bifurcação (ou comparação) entre os sistemas (ponto de locação da válvula de alarme e governo - VGA) com o objetivo de, na válvula, as pressões nos dois métodos sejam a mesma (ver Figura 27), comparando assim as vazões geradas nas duas distribuições. Esta metodologia foi adotada com o objetivo de apenas comparar as duas formas de distribuição, não levando em consideração os efeitos gerados na tubulação de sucção e recalque, bem como nas bombas de incêndio, suas conexões e acessórios.

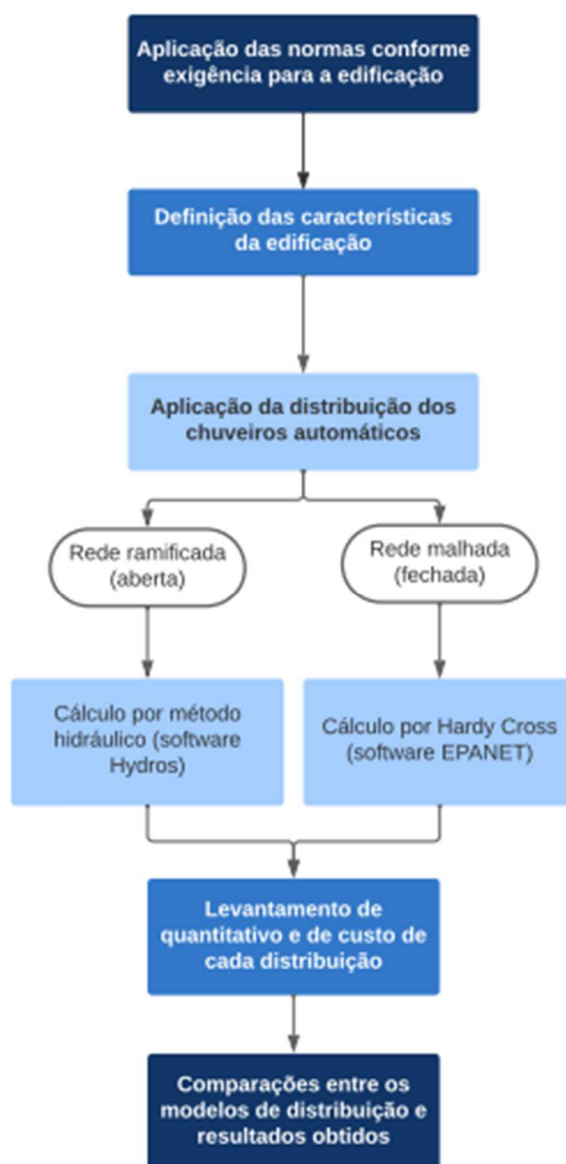
Figura 27 - Ponto de bifurcação ou comparação entre as distribuições da rede de chuveiros automáticos (rede aberta de chuveiros automáticos)



Fonte: elaborado pelo autor no software REVIT

As redes foram dimensionadas com o objetivo de atender a área mais desfavorável hidráulicamente, seguindo os valores de pressão mínima necessária e vazões nos chuveiros, conforme apresenta a NBR 10.897 (ABNT, 2020). A rede aberta foi dimensionada utilizando o cálculo hidráulico para esse tipo de rede, conforme apresentado na seção 3.3.5.2. e a rede fechada foi dimensionada utilizando também o cálculo hidráulico, mas desta vez pelo método de *Hardy-Cross*, conforme apresentado na seção 3.3.5.3. As etapas de desenvolvimento podem ser observadas na Figura 28, onde mostra o fluxograma com os procedimentos que compõe esta metodologia.

Figura 28 - Fluxogramas com as etapas de desenvolvimento neste trabalho



Fonte: elaborado pelo autor

Com as redes distribuídas, foi possível realizar a comparação entre os diâmetros para cada tipo de rede utilizada, suas quantidades totais, bem como as conexões utilizadas para compor a rede. Além disso, utilizando as informações de massa teórica do tubo em kg/peça presentes no Catálogo Técnico de tubos de condução da ArcelorMittal, foi possível determinar qual das duas distribuições apresentaram um maior consumo de ferro galvanizado.

Para a realização do orçamento foi utilizado o *software* Orçafascio com o banco de dados do SBC/2022 e SEINFRA – 027, com seus respectivos coeficientes que compõe a composição de serviço para a execução cada item levantado em quantitativo.

4.1. PARÂMETROS INICIAIS DE PROJETO

Antes de iniciar o dimensionamento das redes (fechada e aberta) de chuveiros automáticos, foram adotados parâmetros fixos de projeto para uma melhor comparação entre as distribuições.

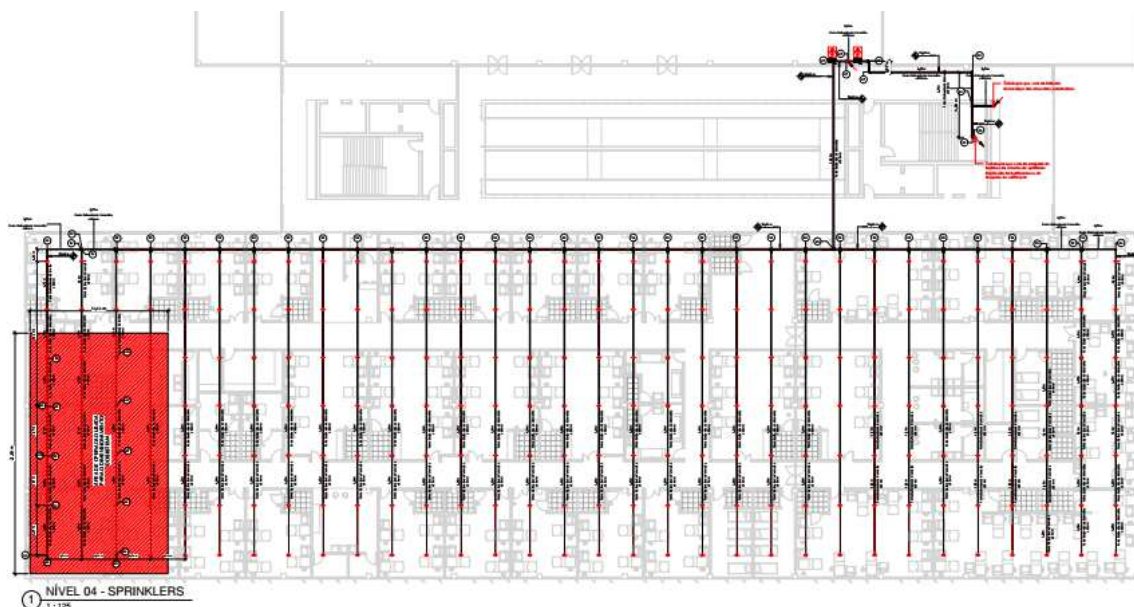
Alguns parâmetros de projeto precisaram ser definidos de acordo com o tipo da edificação, conforme apresenta a NBR 10.897 (ABNT, 2020), outros foram definições projetuais:

- Risco da edificação: leve;
- Área máxima a ser protegida por uma Válvula de alarme e governo: 4800 m²;
- Fator K dos chuveiros automáticos: 80 L/min/ $\sqrt{\text{bar}}$;
- Tempo mínimo de operação: 30 minutos;
- Área máxima de cobertura dos chuveiros automáticos: 20,9 m² (ver Tabela 9);
- Distância máxima entre chuveiros automáticos: 4,6 m (ver Tabela 9);
- Distância entre chuveiros automáticos adotada: 4,22 m;
- Espaçamento entre ramais adotado: 3,00 m;
- Área de cobertura dos chuveiros automáticos: 13,00 m²;
- Pressão mínima no chuveiro automático mais desfavorável: 5 mca;
- Material da tubulação: Ferro Galvanizado;
- Coeficiente de rugosidade da tubulação utilizado na Equação de *Hazen-Williams*: 120

4.2. DIMENSIONAMENTO DE REDE ABERTA UTILIZANDO O SOFTWARE HYDROS

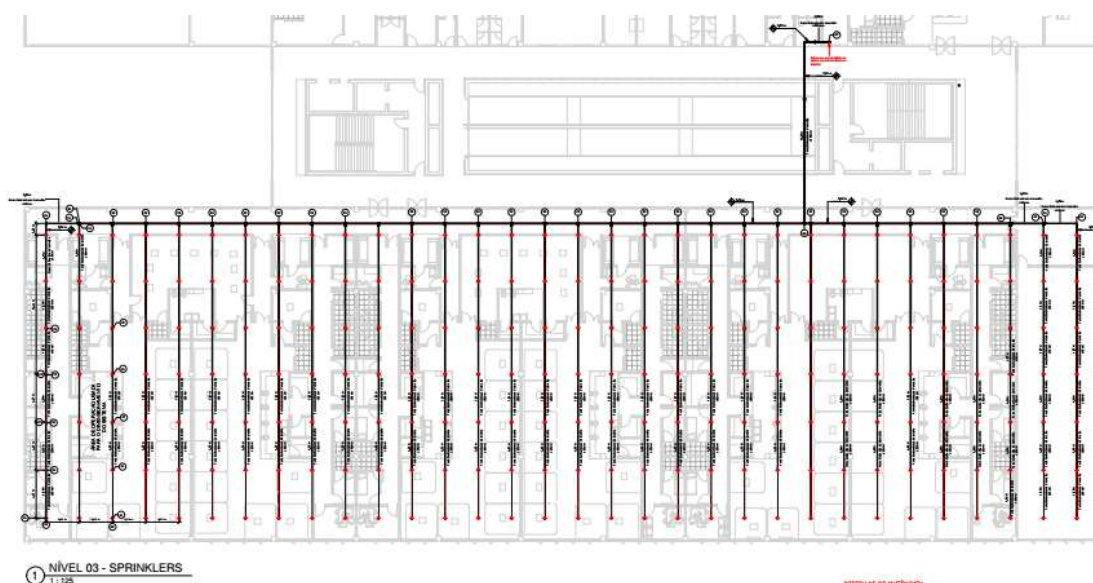
A malha foi disposta inicialmente nos Níveis 4 e 3 da edificação (Bloco B) com diâmetros estimados, como pode ser observado nas Figuras 29 e 30.

Figura 29 – Lançamento da rede ramificada de chuveiros automáticos no *software* de modelagem REVIT (Nível 04)



Fonte: elaborado pelo autor no software REVIT

Figura 30 - Lançamento da rede ramificada de chuveiros automáticos no *software* de modelagem REVIT (Nível 03)



Fonte: elaborado pelo autor no software REVIT

Os chuveiros foram distribuídos de modo a atender a circulação e salas de atendimento, cobrindo o bloco B por completo, em seus dois Níveis. A modelagem da rede de chuveiros automáticos foi realizada utilizando o *software* REVIT da Autodesk, *software* nativo do projeto arquitetônico.

Após realizada a concepção do modelo no REVIT, foi utilizado o *software* Hydros para realizar o dimensionamento do sistema, para os Níveis 03 e 04 da edificação, utilizando os parâmetros definidos inicialmente para o projeto, como pode ser visto na Figura 31.

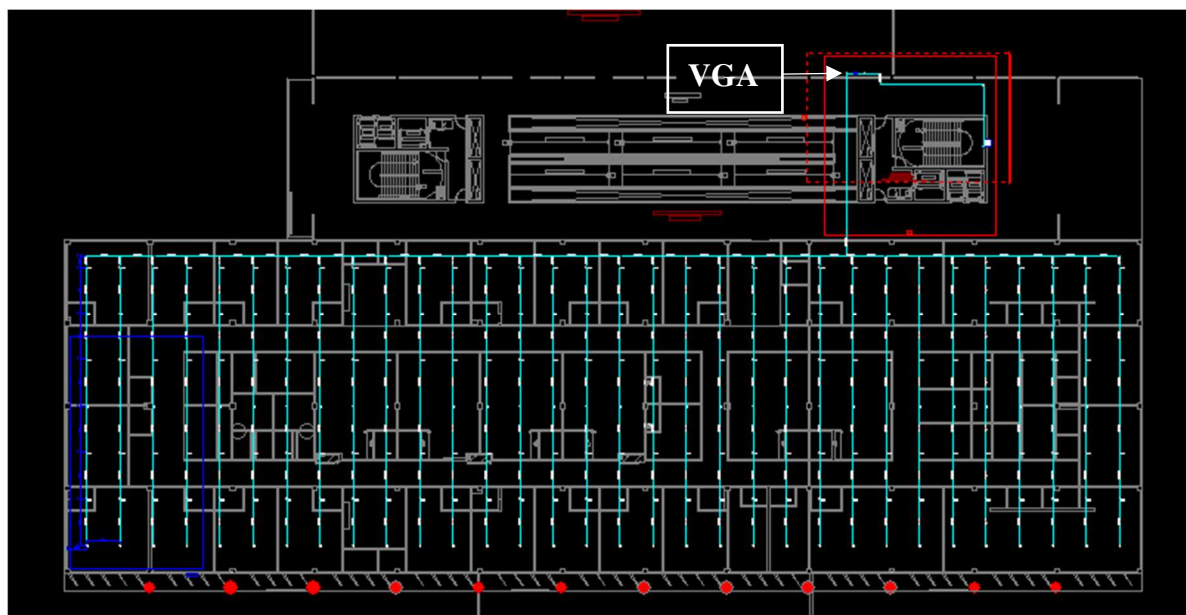
Figura 31 – Parâmetros de projeto cadastrado no software Hydros

Sprinkler	
Risco da edificação	leve
Área de aplicação	256 m²
Área de cobertura por chuveiro	13 m²
Pressão mínima	5 m.c.a.
☒ Dimensionar pela vazão estimada	
Densidade de projeto	3.0 mm/min
Vazão estimada	39.00 l/min
☐ Dimensionar pelo número de sprinklers	
☐ Chuveiros acima e abaixo do forro	
Convergência...	

Fonte: elaborado pelo autor no software Hydros

No Hydros, é possível selecionar uma área retangular onde deseja instalar a rede e escolher um ponto de alimentação do sistema onde deve estar localizada a coluna de incêndio. De forma automática, o *software* lança a rede ramificada com o espaçamento entre chuveiros e ramais conforme definidos pelo projetista. Além disso, a área de operação (área mais desfavorável hidráulicamente da rede) é definida também de forma automática pelo *software*, indicado pelo retângulo na cor azul, mostrado na Figura 32, e suas informações podem ser observadas na Figura 33, informações essas geradas automaticamente após definida a área de operação.

Figura 32 – Lançamento da rede de chuveiros automáticos no software Hydros



Fonte: Elaborado pelo autor no software Hydros

Figura 33 – Informações da área de operação gerada pelo software

Área de operação

Área	
Identificação	SP1
Largura	1212.00 cm
Comprimento	2110.00 cm
Área	255.73 m²
Densidade	2.95 mm/min

Sprinklers	
Quantidade	20
Área de cobertura	12.79 m²
Vazão estimada	37.77 l/min

OK Cancelar Desenho... Ajuda

Fonte: elaborado pelo autor no *software* Hydros

Após lançada a rede, é possível executar o seu dimensionamento de modo a atingir os requisitos estabelecidos pela NBR 10.897 (ABNT, 2020), com relação a vazão e pressão mínima de funcionamento. O resultado do dimensionamento, bem como as pressões em cada chuveiro e vazão nos trechos, podem ser observados no Anexo 1 deste trabalho, já a rede traçada nos níveis 4 e 3 da edificação (Bloco B), suas conexões, acessórios e detalhes nos Anexos 2 e

3. A pressão calculada para o trecho 13-14 mostrada no Anexo 1, será a mesma utilizada para alimentar a informação de pressão no dimensionamento da rede malhada.

Tabela 15 - Resumo do resultado de dimensionamento da rede ramificada

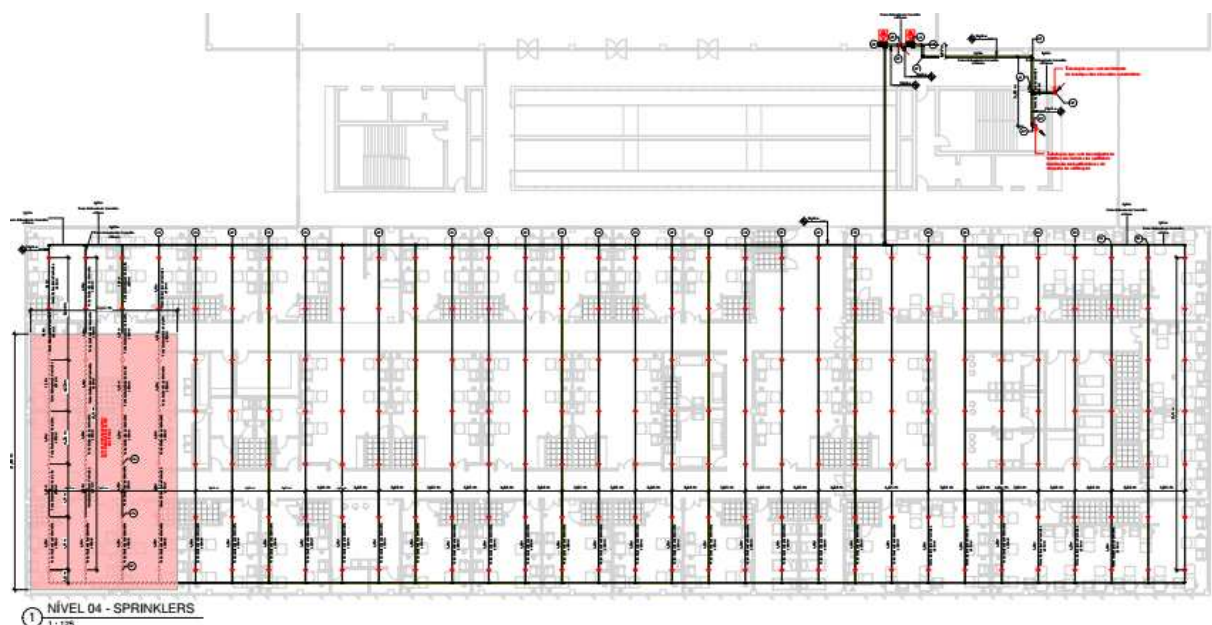
Vazão de projeto (L/s)	Pressão na VGA – Trecho 13-14 (m.c.a)
25.81	24.66

Fonte: elaborado pelo autor no *software* Hydros

4.3.DIMENSIONAMENTO DE REDE FECHADA UTILIZANDO O EPANET

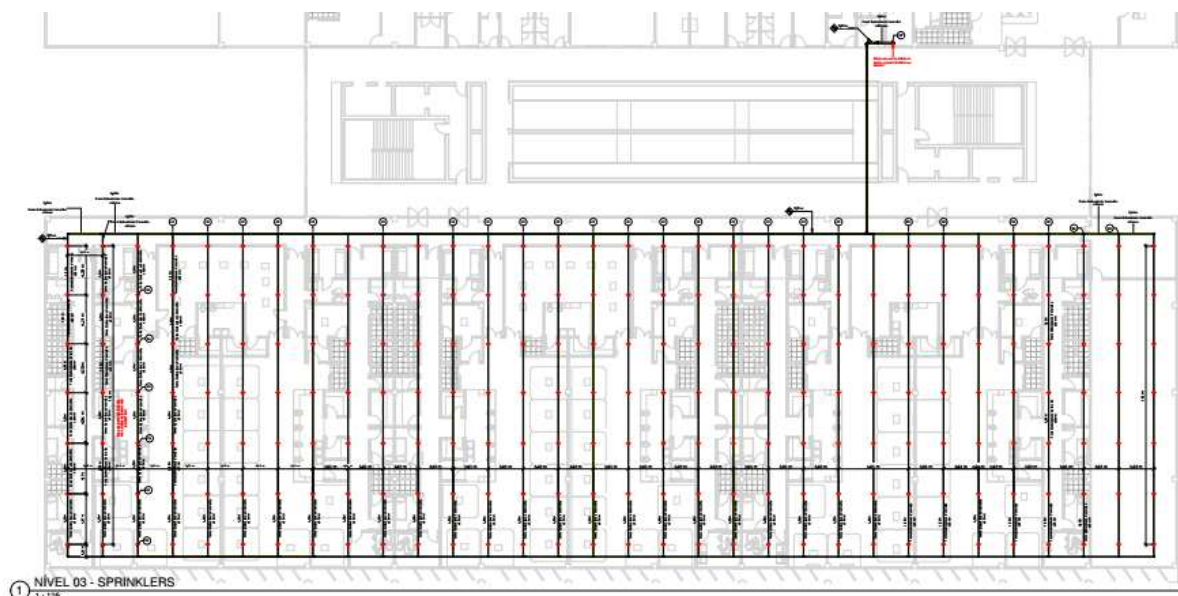
Semelhantemente ao que ocorreu na rede aberta (ramificada), inicialmente a rede malhada foi modelada no software REVIT. Com a base da ramificada, foi então fechada a rede formando a malha de Hardy Cross, de modo a utilizar as mesmas distâncias entre ramais e chuveiros, bem como o ponto de alimentação do sistema e a mesma quantidade de chuveiros automáticos. O lançamento da distribuição malhada pode ser observado nas Figuras 34 e 35.

Figura 34 - Lançamento da rede malhada de chuveiros automáticos no software de modelagem REVIT (Nível 04)



Fonte: elaborado pelo autor no software REVIT

Figura 35 - Lançamento da rede malhada de chuveiros automáticos no software de modelagem REVIT (Nível 03)



Fonte: elaborado pelo autor no software Hydros

Após feita a concepção da rede, a malha de *Hardy-Cross* foi recriada no *software* EPANET.

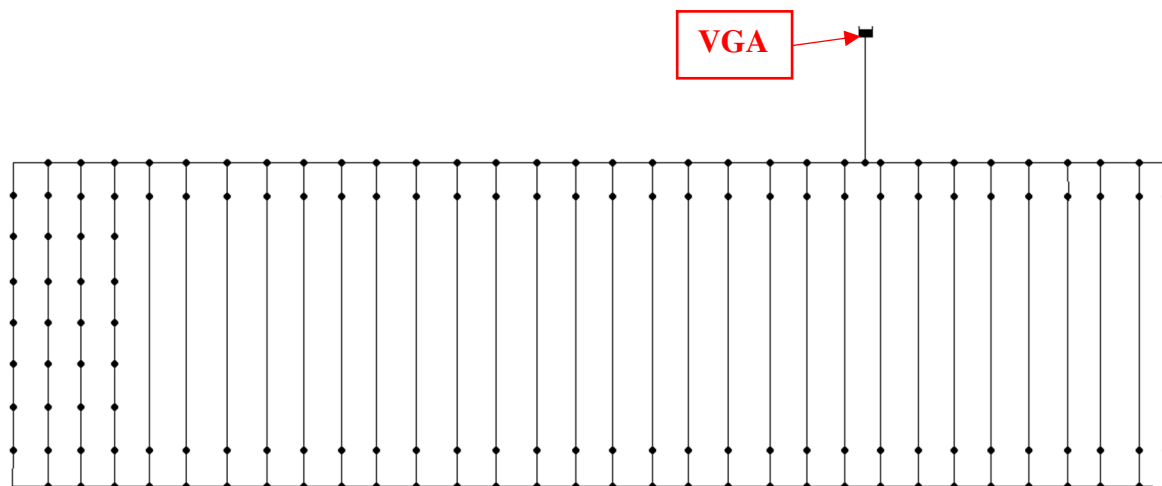
Sendo assim, o EPANET foi utilizado para realizar simulações e verificações de pressão nos chuveiros presentes na área de operação. Partiu-se então de uma pressão conhecida da rede ramificada, representada pela pressão atuante no ponto de alimentação do sistema (na Válvula de Alarme e Governo - VGA, como pode ser observado na Figura 27), com o objetivo de comparar as pressões atuantes nos *sprinklers* mais desfavoráveis hidráulicamente e o diâmetro necessário para atender tais recomendações da NBR 10.897 (ABNT, 2020).

Os seguintes passos foram realizados no EPANET com o objetivo de dimensionar a rede:

- 1º.Passo:** definiu-se os pontos de consumo, iniciando pelo nó mais desfavorável hidráulicamente na área de operação, com o objetivo de verificar a sua pressão e se o mesmo atende as exigências da NBR 10.897 (ABNT, 2020);
- 2º.Passo:** realizou-se a ligação dos nós com os trechos de tubulação com seus respectivos comprimentos reais e, no nó representando a válvula de alarme e governo - VGA, foi atribuído um reservatório de nível fixo, com nível água com o mesmo valor de pressão, em mca, determinado na rede ramificada (pressão calculada no trecho 13-14, ver Anexo 1). É possível observar que apenas na área de operação foram adicionados nós em todos

os chuveiros automáticos pois foi necessário cadastrar o consumo base dos bicos de *sprinklers*;

Figura 36 - Criação da rede malhada no *software* EPANET



Fonte: elaborado pelo autor no *software* EPANET

3º.Passo: em todos os trechos, foram adicionados os valores de perda de carga devido a presença de conexões (perdas singulares) de acordo com a Tabela 16 para as reduções bruscas e a Tabela 17 para os diversos acessórios;

Tabela 16 - Valores do coeficiente K para reduções bruscas

A_2/A_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
K	0,50	0,46	0,41	0,36	0,30	0,24	0,18	0,12	0,06	0,02	0,0

Fonte: Porto (2006, p. 73)

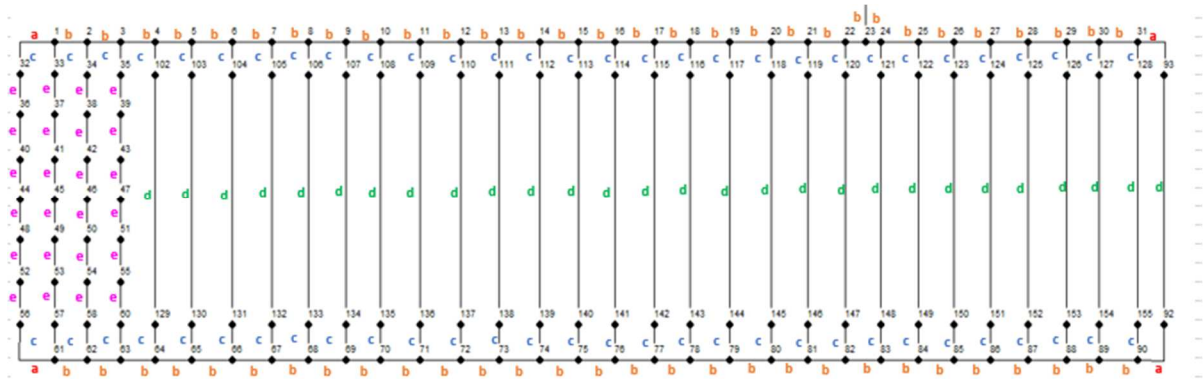
Tabela 17 - Valores do coeficiente K para diversos acessórios

Acessório	K	Acessório	K
Cotovelo de 90° raio curto	0,9	Válvula de gaveta aberta	0,2
Cotovelo de 90° raio longo	0,6	Válvula de ângulo aberta	5
Cotovelo de 45°	0,4	Válvula de globo aberta	10
Curva 90°, $r/D = 1$	0,4	Válvula de pé com crivo	10
Curva de 45°	0,2	Válvula de retenção	3
Tê, passagem direta	0,9	Curva de retorno, $\alpha \approx 180^\circ$	2,2
Tê, saída lateral	2,0	Válvula de bóia	6

Fonte: Porto (2006, p. 77)

Os trechos foram identificados com uma letra do alfabeto, de modo a sistematizar os trechos e seus coeficientes de perdas singulares. A divisão dos trechos por conjunto de perdas pode ser observada no Figura 37 e os seus valores na Tabela 18.

Figura 37 - Divisão dos trechos segundo o conjunto de perdas singulares



Fonte: Porto (2006, p. 77)

Tabela 18 - Coeficiente de perda de carga calculado de acordo com seu trecho

Trecho	Peças consideradas	k (coef. Perda de carga)
a	1 tê de passagem direta, 1 cotovelo 90° e 1 luva de redução 50-32	2,1
b	1 tê de passagem direta	0,9
c	1 tê de passagem lateral e 1 luva de redução 50-32	2,3
d	6 tê de passagem direta	5,4
e	1 tê de passagem direta	0,9

Fonte: elaborado pelo autor

4º.Passo: nos chuveiros pertencentes a área de operação foi cadastrada os valores de pontos de consumo segundo o Fator K do *sprinkler*. A vazão foi determinada através da Equação 5 e seu valor está apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 - Vazão nos chuveiros em L/min

Chuveiro mais desfavorável		
K	P (Kpa)	Q (L/min)
80	50	56,57

Fonte: elaborado pelo autor

5º.Passo: foi realizado o dimensionamento com a utilização da ferramenta LENHSNET. Para as informações de diâmetro externo e custo das tubulações foi utilizado o catálogo técnico da Qualytubos⁶ e o preço de referência do mês de fevereiro em seu site⁷.

Tabela 20 - Diâmetros e preço das tubulações utilizadas no dimensionamento pelo EPANET

Bitola (polegadas)	Diâmetro comercial (mm)	Diâmetro externo (mm)	Espessura (mm)	Diâmetro interno (mm)	Preço Qualytubos (R\$)
1/2"	15,0	21,3	2,3	16,8	-
3/4"	20,0	26,9	2,3	22,4	-
1"	25,0	33,7	2,7	28,4	32,87
1 1/4"	32,0	42,4	2,7	37,1	41,67
1 1/2"	40,0	48,5	3,0	42,5	56,12
2"	50,0	60,3	3,0	54,3	70,97
2 1/2"	65,0	76,1	3,4	69,4	101,93
3"	80,0	88,9	3,4	82,2	119,54

⁶ Disponível em: https://www.lojaqualitytubos.com.br/custom/content/themes/quality-tubos/assets/img/download/quality_catalogo.pdf. Acessado em: 15 de março de 2022.

⁷ Disponível em: https://www.lojaqualitytubos.com.br/tubos-galvanizados?gclid=Cj0KCQjwr-SSBhC9ARIsANhzul6ZcSblNJEdpBoyY1CxE-Sqfe_E_vCzFWkLIHvP7pS5klwXNkaz1QaAh5xEALw_wcB. Acessado em: 15 de março de 2022.

4"	100,0	114,3	3,4	107,6	172,39
5"	125,0	139,7	4,8	130,2	-
6"	150,0	165,1	3,4	158,4	251,17

Fonte: elaborado pelo autor

O resultado do dimensionamento, bem as pressões em cada chuveiro e vazão nos trechos, pode ser observado nos Anexos 4 e 5 deste trabalho, já a rede malhada traçada nos Níveis 4 e 3 da edificação (Bloco B), suas conexões, acessórios e detalhes nos Anexos 6 e 7. A Tabela 21 apresenta, em resumo, os resultados provenientes do dimensionado da rede malhada utilizando o EPANET.

Tabela 21 - Resumo do resultado de dimensionamento da rede malhada

Vazão de projeto (L/s)	Pressão na VGA (m.c.a)
18.86	24.66

Fonte: elaborado pelo autor

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após realizado o dimensionamento nos dois cenários estudados, foi feito o levantamento de materiais necessários para a execução de cada rede em separado. Estes Quantitativos foram gerados utilizando o *software* REVIT, que é um *software* de modelagem utilizado para a realização de projetos de engenharia. O Levantamento de materiais podem ser observados nas Tabelas 22 e 23 com relação as conexões de tubo e nas Tabelas 24 e 25 para a lista das tubulações.

Tabela 22 - Lista de conexões de tubo (Rede aberta)

Tabela de conexão de tubo – <i>Sprinklers</i> rede aberta		
Quantidade	Descrição da conexão	Diâmetro
64	Bujão com Rebordo 10mm-a-80mm: TUPY - BSP - Bujão com Rebordo	25,00 mmø
5	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	20,00 mmø-20,00 mmø
5	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	50,00 mmø-50,00 mmø
4	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	65,00 mmø-65,00 mmø
20	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	100,00 mmø-100,00 mmø
1	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	32,00 mmø-20,00 mmø
64	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	32,00 mmø-25,00 mmø
64	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	40,00 mmø-32,00 mmø
1	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	50,00 mmø-32,00 mmø
64	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	50,00 mmø-40,00 mmø

9	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mmø-50,00 mmø
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mmø-65,00 mmø
56	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mmø-50,00 mmø
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mmø-65,00 mmø
7	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mmø-80,00 mmø
4	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mmø-100,00 mmø
4	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	20,00 mmø-20,00 mmø-15,00 mmø
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	20,00 mmø-20,00 mmø-20,00 mmø
128	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	25,00 mmø-25,00 mmø-15,00 mmø
64	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	32,00 mmø-32,00 mmø-15,00 mmø
64	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	40,00 mmø-40,00 mmø-20,00 mmø
232	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	20,00 mmø-15,00 mmø
168	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	50,00 mmø-50,00 mmø-20,00 mmø
4	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	80,00 mmø-80,00 mmø-80,00 mmø
67	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	100,00 mmø-100,00 mmø-100,00 mmø

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 23 - Lista de conexões de tubo (Rede fechada)

Tabela de conexão de tubo – <i>Sprinklers</i> rede fechada		
Quantidade	Descrição da conexão	Diâmetro
22	Bucha de Redução: TUPY - BSP - Bucha De Redução	25,00 mmø-15,00 mmø
5	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	20,00 mmø-20,00 mmø
4	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	25,00 mmø-25,00 mmø
2	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	32,00 mmø-32,00 mmø
3	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	50,00 mmø-50,00 mmø
20	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	100,00 mmø-100,00 mmø
16	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	32,00 mmø-25,00 mmø
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	40,00 mmø-25,00 mmø
6	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	40,00 mmø-32,00 mmø
1	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	50,00 mmø-25,00 mmø
1	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	25,00 mmø-20,00 mmø
6	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	50,00 mmø-32,00 mmø
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	50,00 mmø-40,00 mmø
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	65,00 mmø-50,00 mmø
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mmø-40,00 mmø

5	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mmø-50,00 mmø
4	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mmø-65,00 mmø
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mmø-65,00 mmø
5	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mmø-80,00 mmø
4	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mmø-100,00 mmø
1	Niple duplo de Ferro Galvanizado: BSP	50,00 mmø-50,00 mmø
4	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	20,00 mmø-20,00 mmø-15,00 mmø
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	20,00 mmø-20,00 mmø-20,00 mmø
402	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	25,00 mmø-25,00 mmø-15,00 mmø
34	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	25,00 mmø-25,00 mmø-25,00 mmø
24	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	32,00 mmø-32,00 mmø-15,00 mmø
24	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	32,00 mmø-32,00 mmø-25,00 mmø
12	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	32,00 mmø-32,00 mmø-32,00 mmø
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	40,00 mmø-40,00 mmø-25,00 mmø
12	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	50,00 mmø-50,00 mmø-25,00 mmø
4	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	50,00 mmø-50,00 mmø-32,00 mmø

2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	50,00 mmø-50,00 mmø-40,00 mmø
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	50,00 mmø-50,00 mmø-50,00 mmø
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	65,00 mmø-65,00 mmø-25,00 mmø
46	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	80,00 mmø-80,00 mmø-25,00 mmø
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	80,00 mmø-80,00 mmø-40,00 mmø
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	80,00 mmø-80,00 mmø-80,00 mmø
9	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	100,00 mmø-100,00 mmø-100,00 mmø

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 24 - Lista de comprimento de tubulações (Rede aberta)

Tabela de tubulações - <i>Sprinklers</i>			
Material	Diâmetro	Bitola (polegadas)	Comprimento
Ferro Galvanizado Vermelho	15,00 mm	1/2"	13,57 m
Ferro Galvanizado Vermelho	20,00 mm	3/4"	4,33 m
Ferro Galvanizado Vermelho	25,00 mm	1"	547,13 m
Ferro Galvanizado Vermelho	32,00 mm	1 1/4"	271,50 m
Ferro Galvanizado Vermelho	40,00 mm	1 1/2"	260,42 m
Ferro Galvanizado Vermelho	50,00 mm	2"	592,49 m
Ferro Galvanizado Vermelho	65,00 mm	2 1/2"	1,92 m
Ferro Galvanizado Vermelho	80,00 mm	3"	11,69 m
Ferro Galvanizado Vermelho	100,00 mm	4"	293,18 m

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 25 - Lista de comprimento de tubulações (Rede fechada)

Tabela de tubulações - <i>Sprinklers</i>			
Material	Diâmetro	Bitola (polegadas)	Comprimento
Ferro Galvanizado Vermelho	15,00 mm	1/2"	16,83 m
Ferro Galvanizado Vermelho	20,00 mm	3/4"	4,31 m
Ferro Galvanizado Vermelho	25,00 mm	1"	1718,36 m
Ferro Galvanizado Vermelho	32,00 mm	1 1/4"	180,02 m
Ferro Galvanizado Vermelho	40,00 mm	1 1/2"	7,83 m
Ferro Galvanizado Vermelho	50,00 mm	2"	62,16 m
Ferro Galvanizado Vermelho	65,00 mm	2 1/2"	7,63 m
Ferro Galvanizado Vermelho	80,00 mm	3"	140,24 m
Ferro Galvanizado Vermelho	100,00 mm	4"	135,76 m

Fonte: elaborado pelo autor

Nas duas distribuições foram mantidas as mesmas quantidades de chuveiro automático, além de permanecerem na mesma posição, indicada em projeto, realizando assim uma melhor comparação entre os sistemas.

Na composição das redes, é possível identificar os diâmetros de tubulações que predominam em cada tipo de distribuição, como pode ser verificado na Tabela 26.

Tabela 26 - Tubulação predominante em cada tipo de distribuição

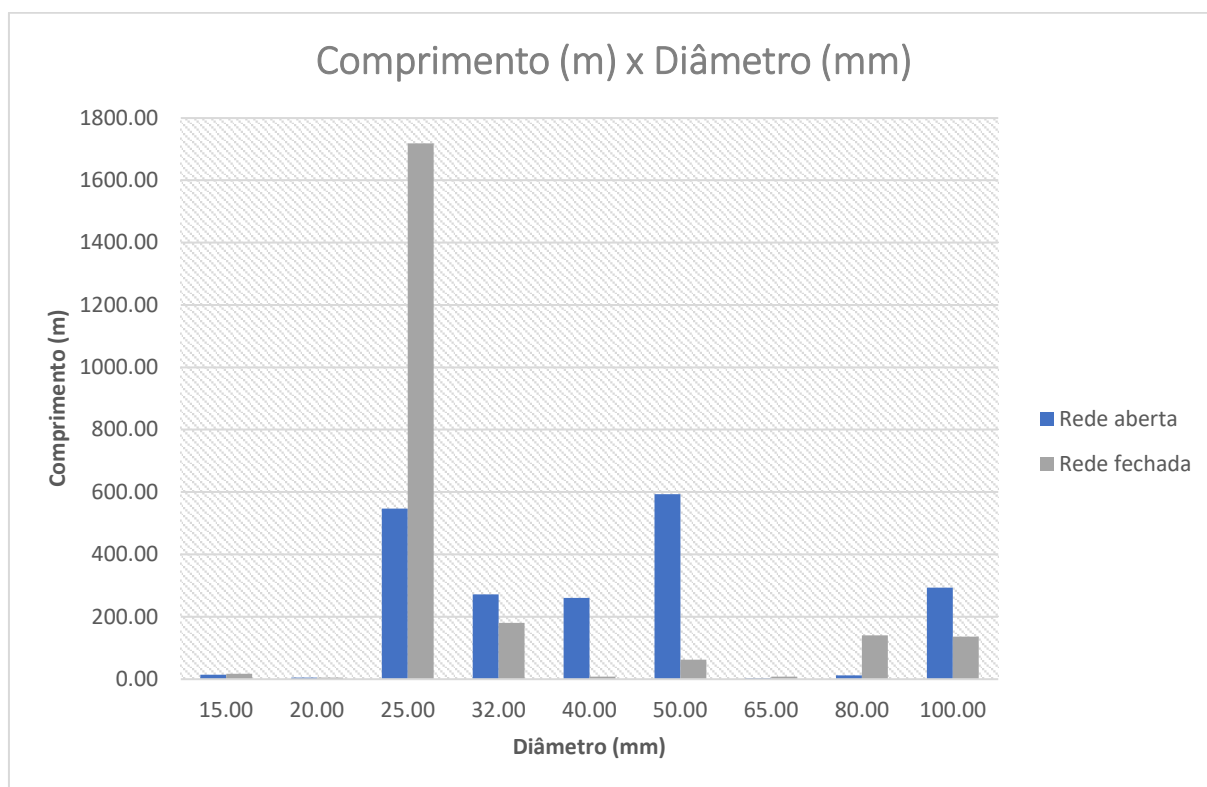
Rede aberta		Rede fechada	
DN	Percentual	DN	Percentual
15	0,68%	15	0,74%
20	0,22%	20	0,19%
25	27,41%	25	75,59%
32	13,60%	32	7,92%
40	13,05%	40	0,34%
50	29,68%	50	2,73%
65	0,10%	65	0,34%
80	0,59%	80	6,17%

100	14,69%	100	5,97%
Total	100,0%	Total	100,0%

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se no Gráfico 1 que na distribuição de rede aberta as tubulações apresentam diâmetros maiores se comparada a rede fechada.

Gráfico 1 - Quantidade de tubulação por diâmetro utilizada em cada tipo de distribuição



Fonte: elaborado pelo autor

Em contrapartida, na distribuição fechada é possível verificar uma quantidade maior de tubulação, mas com diâmetros menores, como pode ser observado na Tabela 27. Isso ocorre porque as vazões produzidas na rede malhada são menores que aquelas calculadas na rede ramificada, pois, devido a sua tipologia, as vazões podem percorrer diversos caminhos, alimentando os chuveiros por ambas as direções simultaneamente.

Tabela 27 - Quantidade total de tubulação para cada uma das distribuições e diâmetro comercial predominante

Tipo de distribuição	Comprimento (m)	Diâmetro comercial predominante (mm)
Aberta (ramificada)	1.996,23	50
Fechada (malhada)	2.273,14	25

Fonte: elaborado pelo autor

Com relação ao consumo de ferro na fabricação das tubulações foi utilizada as informações de quilograma por metro de tubulação de ferro galvanizado fornecido pela fabricante ArcelorMittal para tubos galvanizados com rosca BSP Classe Leve, visto que esta classe atende tubulações com diâmetros até 100 mm. Pode-se observar no Gráfico 2 que os valores apresentados na rede aberta foram superiores, pois essa apresenta tubos com diâmetros maiores e, conseqüentemente, um consumo maior de matéria prima.

Gráfico 2 - Peso total da tubulação por tipo de distribuição



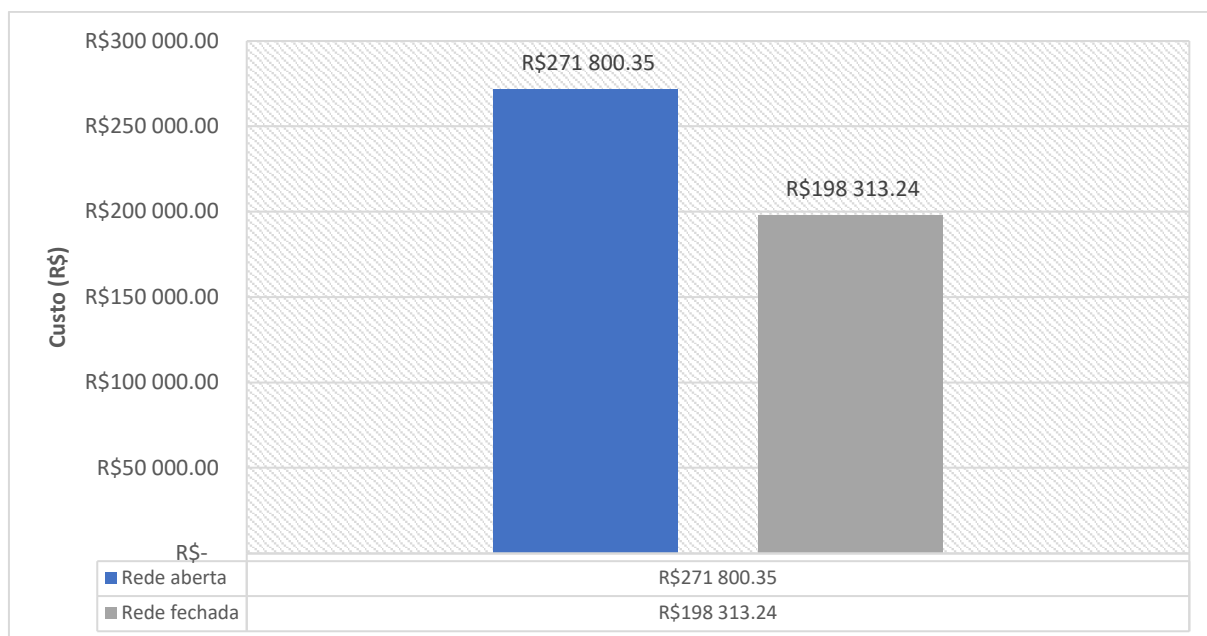
Fonte: elaborado pelo autor

O consumo elevado de ferro galvanizado na rede aberta pode ser explicado na Tabela 26, onde observa-se uma grande quantidade de tubulações com diâmetros superiores a 40 mm na rede ramificada, o que não ocorre na rede malhada, pois nesta, a grande concentração de tubulação é de diâmetros inferiores a 40 mm.

Em relação ao custo de implantação das duas redes, pode ser encontrado no Anexo 8 e 9 deste trabalho as planilhas orçamentárias para a rede aberta e fechada, respectivamente. A

comparação dos valores obtidos para tubulações e conexões, levando em conta mão de obra e insumos para execução da rede, nas duas concepções, pode ser visto no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Custo total das tubulações e conexões em ambas as concepções de rede de chuveiros automáticos

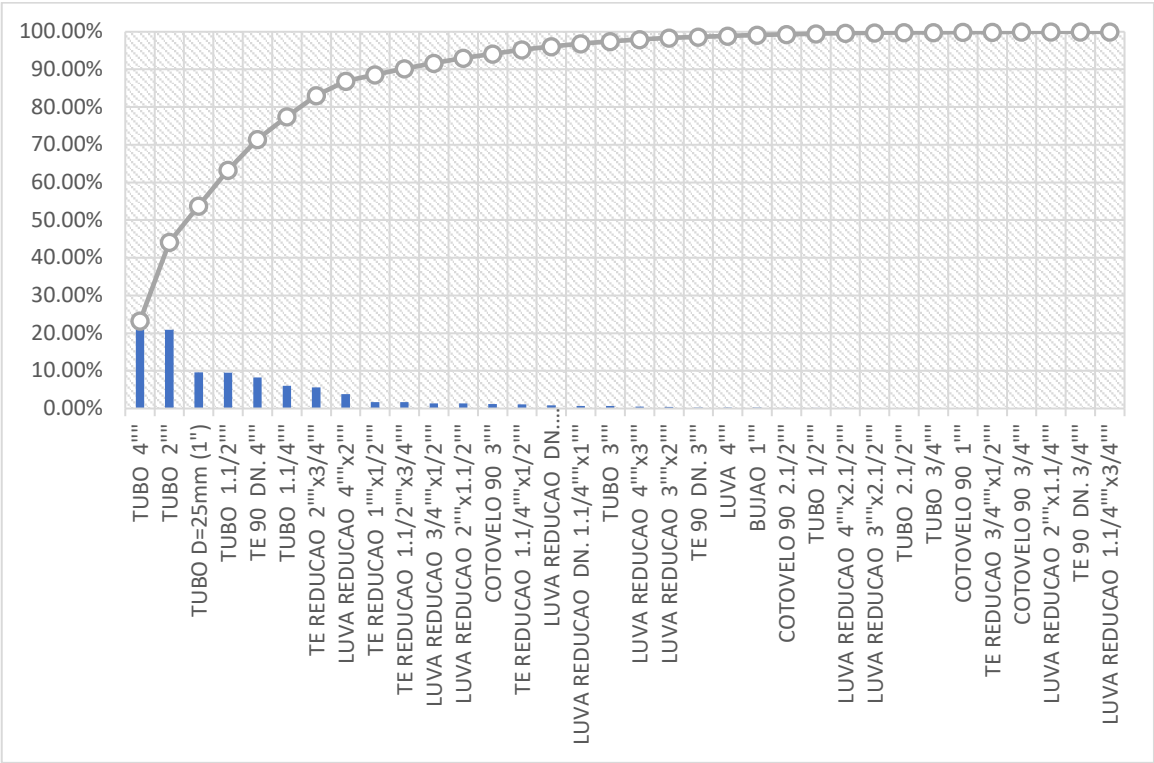


Fonte: elaborado pelo autor

De acordo com resultados apresentados pode-se observar que o sistema de chuveiros automático com distribuição em rede fechada se apresentou como alternativa de implantação com custo inferior se comparada à rede aberta, com uma diferença de cerca de 27%. É uma diferença de custo acentuada, e isso ocorre pois o sistema com rede fechada gera diâmetros menores de tubulação, como por exemplo as tubulações que compõe os sub-ramais que são, na maioria das linhas de *sprinklers*, compostas por tubulações com diâmetros de 25 mm, o que já não acontece na distribuição com rede aberta, onde há uma grande variação de tubulações, que acabam encarecendo a sua implantação.

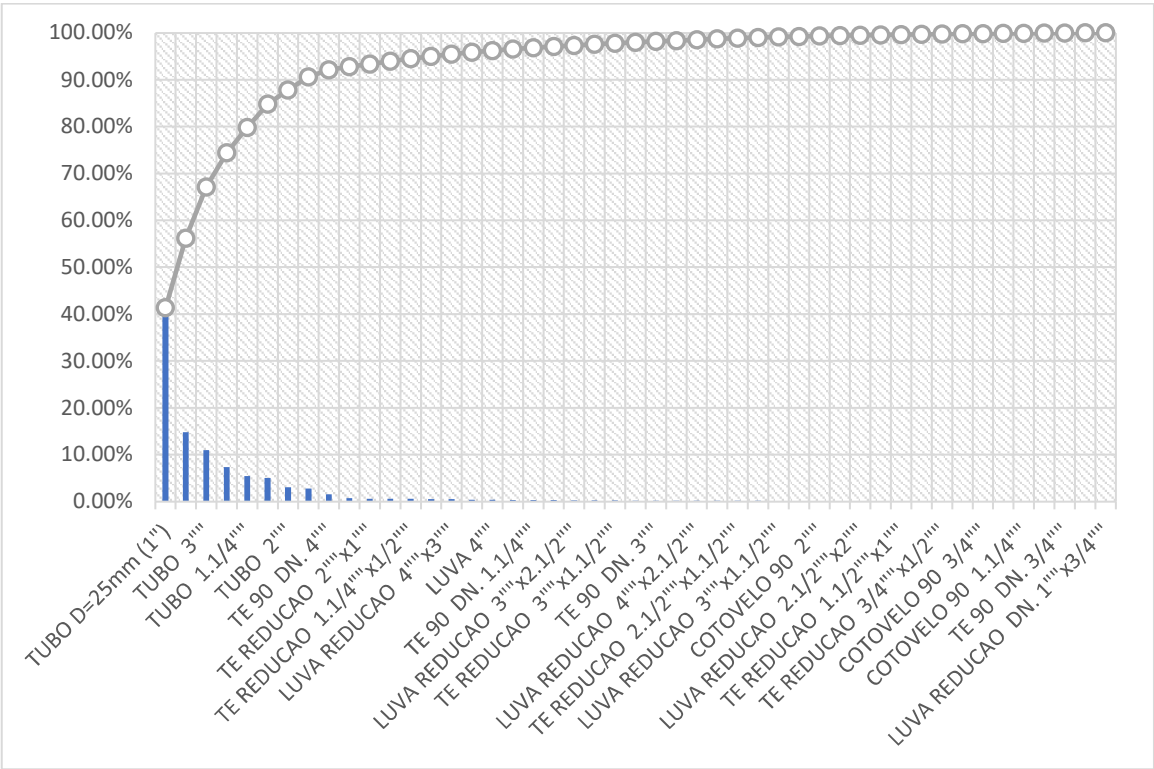
Pode-se observar nos Gráficos 4 e 5, que as conexões de tubos apresentam pequena relevância de custo se comparado às tubulações. Para a rede aberta, os tubos representam cerca de 63,26% do custo total da rede, enquanto que para a rede fechada esse percentual de custo é de 79,83%.

Gráfico 4 - Curva ABC de serviço (Rede ramificada)



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 5 - Curva ABC de serviço (Rede malhada)



Fonte: elaborado pelo autor

É importante destacar que, mesmo apresentando uma quantidade maior de tubulações, a rede fechada proporciona uma melhor distribuição de vazão dentro da rede, possibilitando que esta seja abastecida simultaneamente por ambos os lados. Com o fechamento da rede, são geradas então vazões menores em seu interior, sendo necessários diâmetros menores de tubo para atender a pressão requerida na área de operação do sistema. Outro ponto de destaque é que, neste tipo de distribuição não existe grandes variações nos diâmetros das tubulações, reduzindo erros que porventura possam existir na execução da rede. Como consequência das vazões menores geradas na rede, as velocidades de escoamento dentro dos tubos também são reduzidas, fazendo com que sejam minimizados os problemas com velocidades em excesso nas canalizações.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultado deste trabalho, foi possível observar que a rede fechada gerou diâmetros menores de tubulação, embora o seu comprimento total seja superior ao que foi observado na rede aberta, sendo necessária então realizar uma análise de custo entre as duas distribuições de chuveiros automáticos. Portanto, conclui-se que os custos de implantação da rede fechada foram menores se comparado a rede aberta, embora as vantagens de adoção deste tipo de distribuição não se restrinjam apenas ao custo para executá-la. Isto ocorreu devido ao conceito hidráulico da rede fechada, que torna a sua execução mais eficiente hidraulicamente, pois permite uma melhor distribuição de vazões nas tubulações, gerando vazões menores e, conseqüentemente, necessitando de diâmetros menores na rede.

Um fator importante que foi possível observar sob a ótica do custo é que, embora as conexões de tubulação estivessem presentes em grandes quantidades em ambas as distribuições de rede, observou-se que estas não representaram a maior parte do custo da instalação, tendo em vista que o custo das tubulações se sobressaiu, tornando-se a parcela mais onerosa na implantação da rede de chuveiros automáticos.

7. SUGESTÕES DE PESQUISAS

Com a finalidade de fomentar os estudos na área de sistemas fixos de combate a incêndio, em especial a instalação de sistemas de chuveiros automáticos, sugerem-se os temas a seguir para trabalhos futuros:

- Realizar um comparativo entre diversos tipos de distribuições de chuveiros automáticos em uma determinada edificação, apontando qual a melhor solução dentre as estudadas;
- Mostrar a economia gerada pelo o uso do cálculo hidráulico da rede de chuveiros automáticos em comparação ao método de dimensionamento por tabela.

REFERÊNCIAS

- AITA, J. C. L.; PEIXOTO, N. H. **Prevenção e Combate a Sinistros**. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, p. 130, 2012.
- ALBUQUERQUE, J. L. T. **Avaliação tecno-econômica da aplicação da malha de hardy cross no dimensionamento de chuveiros automáticos**. Unichristus - Centro Universitário Christus, p. 60, 2020.
- ARCELORMITTAL, C. T. **Tubos de Condução**, [s.d.].
- ARGUS. **MODELO RD-UL/FM. Válvulas de alarme e Governo**, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16400: Chuveiros automáticos para controle e supressão de incêndios - Especificações e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: RJ, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16981: Proteção contra incêndio em áreas de armazenamento em geral, por meio sistemas de chuveiros automáticos - Requisitos**. Rio de Janeiro: RJ, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10897: Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos - Requisitos**. Rio de Janeiro: RJ, 2020.
- BECKER, S. C. **Dimensionamento de sistemas hidráulicos de combate a incêndio**. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, p. 123, 2005.
- BENTES, L. A. V. B. **Estudo comparativo entre metodologias de dimensionamento de redes de sistemas de chuveiros automáticos do tipo sprinkler**. Universidade Federal de Goiás, p. 103, 2016.
- BRENTANO, T. **Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações**. 3º Edição ed. Porto Alegre: 2007, 2007.
- CBMPB. **Classificação das Edificações quanto à Natureza da Ocupação, Altura, Carga de Incêndio e Área Construída**. NORMA TÉCNICA N° 004, p. 48, 2013.
- CBMPB. **Sistemas de Hidrantes e Mangotinhos para Combate a Incêndio**. NORMA TÉCNICA N° 015, p. 47, 2016.
- CBMSP. **Carga de incêndio nas edificações e áreas de risco**. INSTRUÇÃO TÉCNICA N°

014, p. 12, 2019.

CORRÊA, C. et al. **Mapeamento de Incêndios em Edificações: Um Estudo de Caso na Cidade do Recife**. *Revista de Engenharia Civil*. IMED, v. 2, n. 3, p. 15–34, 2015.

DA SILVA, R. J. V. **Dimensionamento de redes de sprinklers**. FEUP - Faculdade de engenharia, p. 131, 2012.

GONÇALVES, O. M.; FEITOSA, E. P. **Sistemas de Chuveiros Automáticos**. Escola Politécnica da USP, p. 61, 1998.

MAGNUS, M. B. **Análise de risco de incêndio: aplicação e verificação do método frama e possíveis medidas compensatórias em um ambiente escolar**. p. 110, 2019.

ONO, R. **Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos**. *Ambiente Construído*, v. 7, n. 1, p. 97–113, 2007.

PORTO, R. D. E. M. **Hidráulica básica**. 4^a ed. São Carlos, SP: EESC-USP, 2006.

REICHARDT, A. L.; JUNIOR, G. S. **Sequência de ensino de estatística: A curva ABC no Curso Técnico de Administração**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p. 49, 2017.

Disponível em:
<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2627/2/PG_PPGECT_M_Reichardt%2C%20André%20Luis_2017_1.pdf>. Acesso em: 12 de junho de 2022.

S.A, T. **Catálogo Técnico de conexões TUPY**. Joinville - SC, [s.d.].

SEITO, A. I. et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SOARES LEAL, I. **Verificação de parâmetros hidráulicos das instalações de combate a incêndio em edificações altas na cidade João Pessoa - PB**, 2018. Disponível em:
<http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2018.1/verificacao-de-parametros-hidraulicos-das-instalacoes-de-combate-a-incendio-em-edificacoes-altas-na-cidade-de-joao-pessoa-pb.pdf>

ANEXO 1

Resultado do dimensionamento da rede aberta (ramificada) pelo software Hydros



Bomba (BARRILETE)

Conexão analisada:

5" x 4" - 22CV R250 (Bomba Hidráulica - Incêndio)
Pavimento BARRILETE
Nível geométrico: 13.93 m
Processo de cálculo: Hazen-Williams

Sprinklers analisados:

X (cm)	Y (cm)	Ø Rosca (mm)	Ø Chuveiro (mm)	K	Vazão (l/s)	Pressão (m.c.a.)
-3833.95	-2222.50	15	12.70	80.00	1.49	12.78
-3530.95	-2222.50	15	12.70	80.00	1.52	13.31
-3227.95	-2222.50	15	12.70	80.00	1.54	13.56
-2924.95	-2222.50	15	12.70	80.00	1.55	13.73
-3833.95	-2644.50	15	12.70	80.00	1.39	11.16
-3530.95	-2644.50	15	12.70	80.00	1.42	11.62
-3227.95	-2644.50	15	12.70	80.00	1.44	11.84
-2924.95	-2644.50	15	12.70	80.00	1.45	11.99
-3833.95	-3066.50	15	12.70	80.00	1.29	9.49
-3530.95	-3066.50	15	12.70	80.00	1.31	9.89
-3227.95	-3066.50	15	12.70	80.00	1.33	10.08
-2924.95	-3066.50	15	12.70	80.00	1.33	10.21
-3833.95	-3488.50	15	12.70	80.00	1.10	6.96
-3530.95	-3488.50	15	12.70	80.00	1.12	7.26
-3227.95	-3488.50	15	12.70	80.00	1.14	7.40
-2924.95	-3488.50	15	12.70	80.00	1.14	7.50
-3833.95	-3910.50	15	12.70	80.00	1.06	6.45
-3530.95	-3910.50	15	12.70	80.00	1.07	6.58
-2924.95	-3910.50	15	12.70	80.00	1.08	6.66

Trecho de recalque												
Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Tubo	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	25.81	107.60	2.84	0.12	0.00	0.12	0.0896	0.01	13.93	-0.12	29.84	29.83
2-3	25.81	107.60	2.84	0.20	1.20	1.40	0.0896	0.13	14.05	-0.20	29.63	29.50
3-4	25.81	107.60	2.84	0.22	16.00	16.22	0.0896	1.45	14.25	-0.22	29.28	27.83
4-5	25.81	107.60	2.84	0.82	4.70	5.52	0.0896	0.24	14.47	0.00	27.83	27.59
5-6	25.81	107.60	2.84	2.27	4.70	6.97	0.0896	0.37	14.47	2.27	29.86	29.49
6-7	25.81	107.60	2.84	5.70	3.80	9.50	0.0896	0.85	12.20	0.00	29.49	28.64
7-8	25.81	107.60	2.84	9.32	3.80	13.12	0.0896	1.18	12.20	0.00	28.64	27.46
8-9	25.81	107.60	2.84	1.06	3.80	4.86	0.0896	0.43	12.20	0.00	27.46	27.03
9-10	25.81	107.60	2.84	1.54	3.80	5.34	0.0896	0.48	12.20	0.00	27.03	26.55
10-11	25.81	107.60	2.84	1.40	3.80	5.20	0.0896	0.47	12.20	1.40	27.95	27.49
11-12	25.81	107.60	2.84	0.79	3.80	4.59	0.0896	0.41	10.80	0.00	27.49	27.07
12-13	25.81	107.60	2.84	0.79	4.00	4.79	0.0896	0.55	10.80	0.00	27.07	26.53
13-14	25.81	107.60	2.84	1.40	3.80	5.20	0.0896	0.47	10.80	-1.40	25.13	24.66
14-15	25.81	107.60	2.84	14.33	3.80	18.13	0.0896	1.62	12.20	0.00	24.66	23.04
15-16	25.81	107.60	2.84	2.21	0.02	2.23	0.0896	0.20	12.20	0.00	23.04	22.84
16-17	25.81	107.60	2.84	2.44	5.50	7.94	0.0896	0.71	12.20	0.00	22.84	22.13
17-18	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	22.13	21.79
18-19	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	21.79	21.46
19-20	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	21.46	21.13
20-21	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	21.13	20.79
21-22	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	20.79	20.46
22-23	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	20.46	20.12
23-24	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	20.12	19.79
24-25	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	19.79	19.46
25-26	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	19.46	19.12
26-27	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	19.12	18.79
27-28	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	18.79	18.45
28-29	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	18.45	18.12
29-30	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	18.12	17.79
30-31	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	17.79	17.45
31-32	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	17.45	17.12
32-33	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	17.12	16.78
33-34	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	16.78	16.45
34-35	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	16.45	16.12
35-36	25.81	107.60	2.84	3.03	0.70	3.73	0.0896	0.33	12.20	0.00	16.12	15.78
36-37	19.27	107.60	2.12	3.03	0.70	3.73	0.0521	0.19	12.20	0.00	15.78	15.59
37-38	12.76	82.20	2.40	3.03	0.70	3.73	0.0901	0.29	12.20	0.00	15.59	15.30
38-39	6.31	54.30	2.73	3.03	0.70	3.73	0.1846	0.56	12.20	0.00	15.30	14.73
39-40	6.31	54.30	2.73	1.05	2.80	3.85	0.1846	0.26	12.20	0.00	14.73	14.47
40-41	6.31	54.30	2.73	4.22	1.60	5.82	0.1846	0.82	12.20	0.00	14.47	13.65
41-42	6.31	54.30	2.73	4.22	1.30	5.52	0.1846	0.85	12.20	0.00	13.65	12.80
42-43	4.82	42.50	3.40	4.22	1.30	5.52	0.3694	1.60	12.20	0.00	12.80	11.20
43-44	3.43	37.10	3.17	4.22	1.10	5.32	0.3804	1.67	12.20	0.00	11.20	9.53
44-45	2.14	28.40	3.38	4.22	1.10	5.32	0.5847	2.49	12.20	0.00	9.53	7.03
45-46	1.04	28.40	1.64	4.22	0.90	5.12	0.1532	0.67	12.20	0.00	7.03	6.37
46-47	1.04	28.40	1.64	0.00	1.20	1.20	0.1532	0.18	12.20	0.00	6.37	6.18

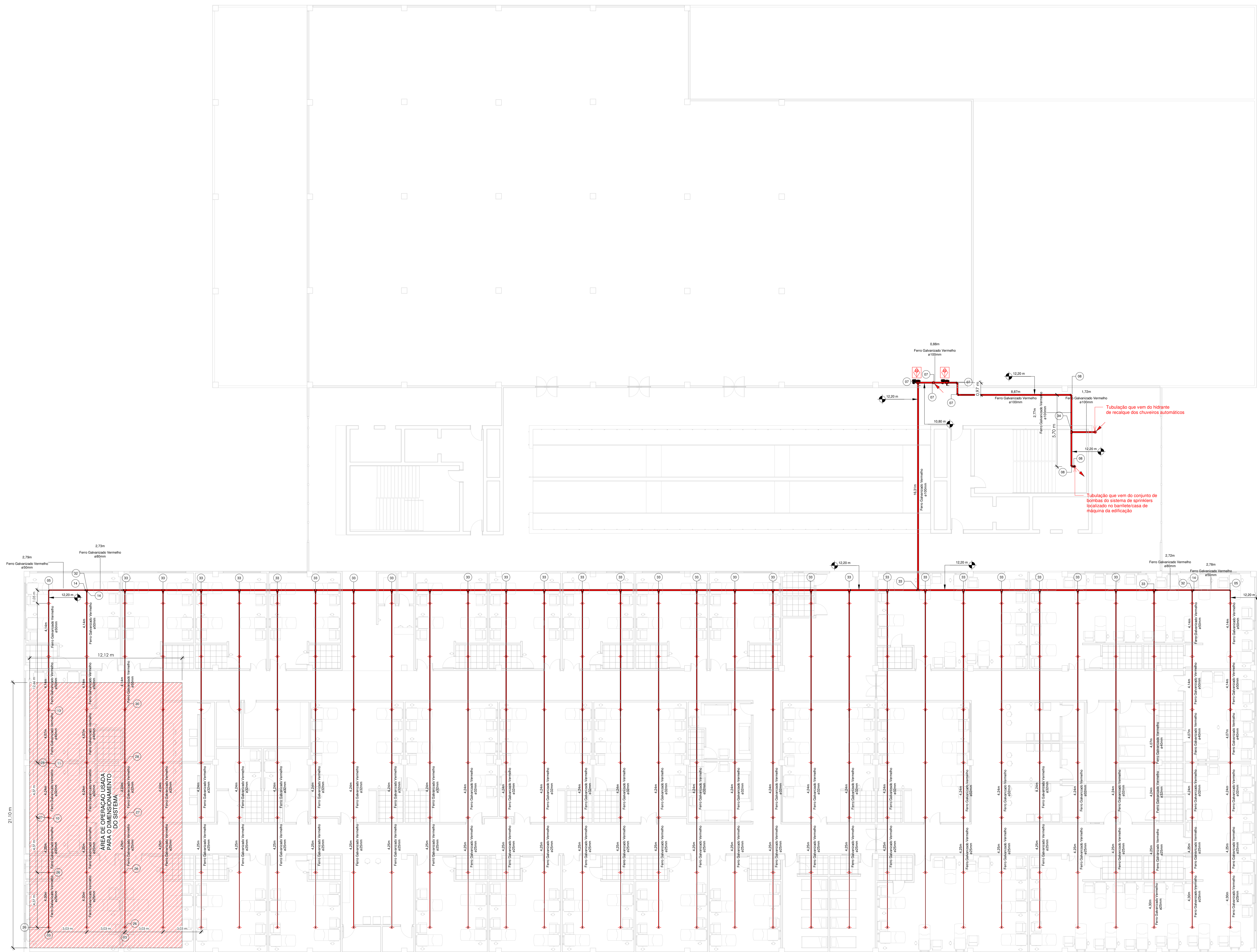
Trecho de sucção												
Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Tubo	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	25.81	107.60	2.84	0.52	3.20	3.72	0.0896	0.33	16.75	0.52	30.84	30.51
2-3	25.81	107.60	2.84	0.46	1.20	1.66	0.0896	0.15	16.23	0.46	30.97	30.82
3-4	25.81	107.60	2.84	3.87	4.70	8.57	0.0896	0.51	15.77	0.00	30.82	30.31
4-5	25.81	107.60	2.84	1.84	4.70	6.54	0.0896	0.33	15.77	1.84	32.15	31.81
5-6	25.81	100.00	3.29	0.36	4.70	5.06	0.1186	0.21	13.93	0.00	31.81	31.61
6-7	25.81	100.00	3.29	0.21	16.00	16.21	0.1186	1.46	13.93	0.00	31.61	30.15
7-8	25.81	100.00	3.29	0.35	3.70	4.05	0.1186	0.19	13.93	0.00	30.15	29.96
8-9	25.81	125.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.0400	0.00	13.93	0.00	29.96	29.96

Altura manométrica (m.c.a.)					Vazão de Projeto (l/s)	npsh disponível (m.c.a.)	Potência teórica (CV)
Recalque		Sucção		Total			
Altura	Perda	Altura	Perda				
1.73	25.51	2.82	3.18	30.32	25.81	9.73	16.06

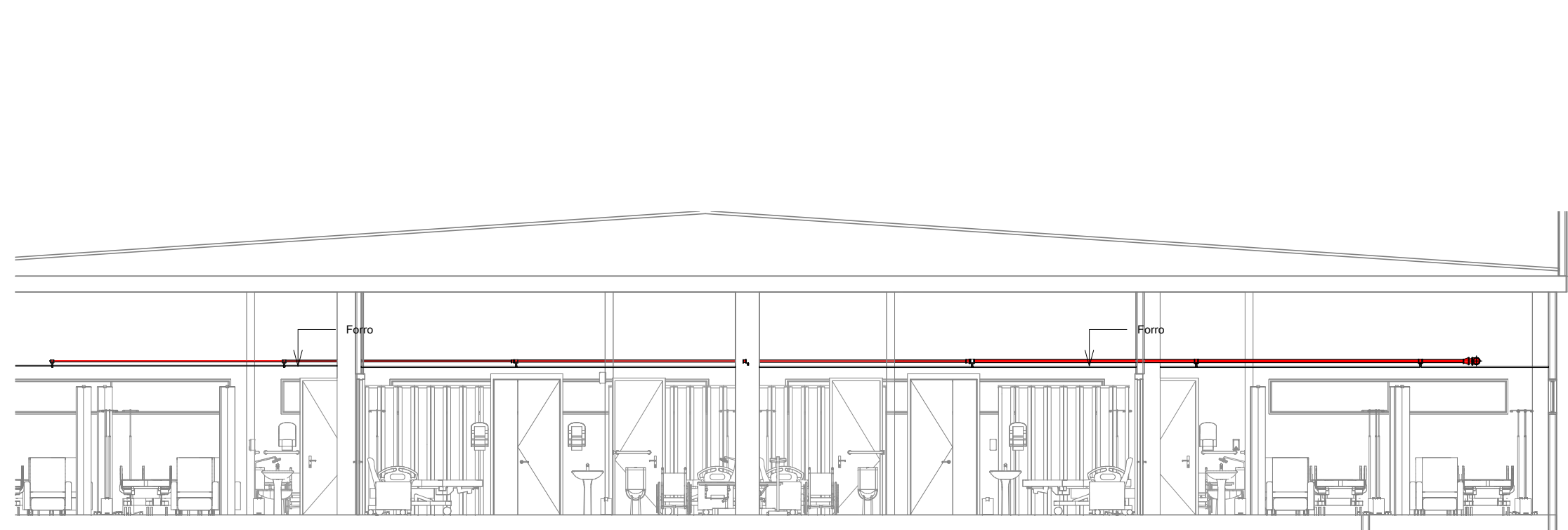
Trecho de recalque					
				L equivalente (m)	
Material	Grupo	Item	Quant.	Unitária	Total
BH	5" x 4"	22CV R250	1	0.00	0.00
F°G°	Registro bruto de gaveta industrial	4"	1	1.20	1.20
F°G°	Válvula de retenção horizontal c/ F°G°	4"	1	16.00	16.00
F°G°	Cotovelo 90	5"	2	4.70	9.40
F°G°	Cotovelo 90	4"	8	3.80	30.40
	Válvula de alarme	4" -100mm	1	4.00	4.00
F°G°	Luva	4"	1	0.02	0.02
F°G°	Te	4"	1	5.50	5.50
F°G°	Te de redução	4" x 3"	21	0.70	14.70
F°G°	Te de redução central e lateral	4" x 3" x 3"	1	0.70	0.70
F°G°	Cotovelo 90	3"	1	2.80	2.80
F°G°	Sprinkler DN15 - K80 - Te redução lateral e central	3"- 2 1/2"	1	1.60	1.60
F°G°	Sprinkler DN15 - K80 - Te redução central	2.1/2"	1	1.30	1.30
F°G°	Sprinkler DN15 - K80 - Te redução lateral e central	2.1/2"- 2"	1	1.30	1.30
F°G°	Sprinkler DN15 - K80 - Te redução central	2"	1	1.10	1.10
F°G°	Sprinkler DN15 - K80 - Te redução lateral e central	2"- 1 1/2"	1	1.10	1.10
F°G°	Sprinkler DN15 - K80 - Te redução lateral e central	1.1/2"- 1"	1	0.90	0.90
Trecho de sucção					
				L equivalente (m)	
Material	Grupo	Item	Quant.	Unitária	Total
F°G°	Tomada dágua p/ caixa de concreto 150mm	4"	1	3.20	3.20
F°G°	Registro bruto de gaveta industrial	4"	1	1.20	1.20
F°G°	Cotovelo 90	5"	3	4.70	14.10
F°G°	Válvula de retenção horizontal c/ F°G°	4"	1	16.00	16.00
ACa	Valula borboleta	5"	1	3.70	3.70

ANEXO 2

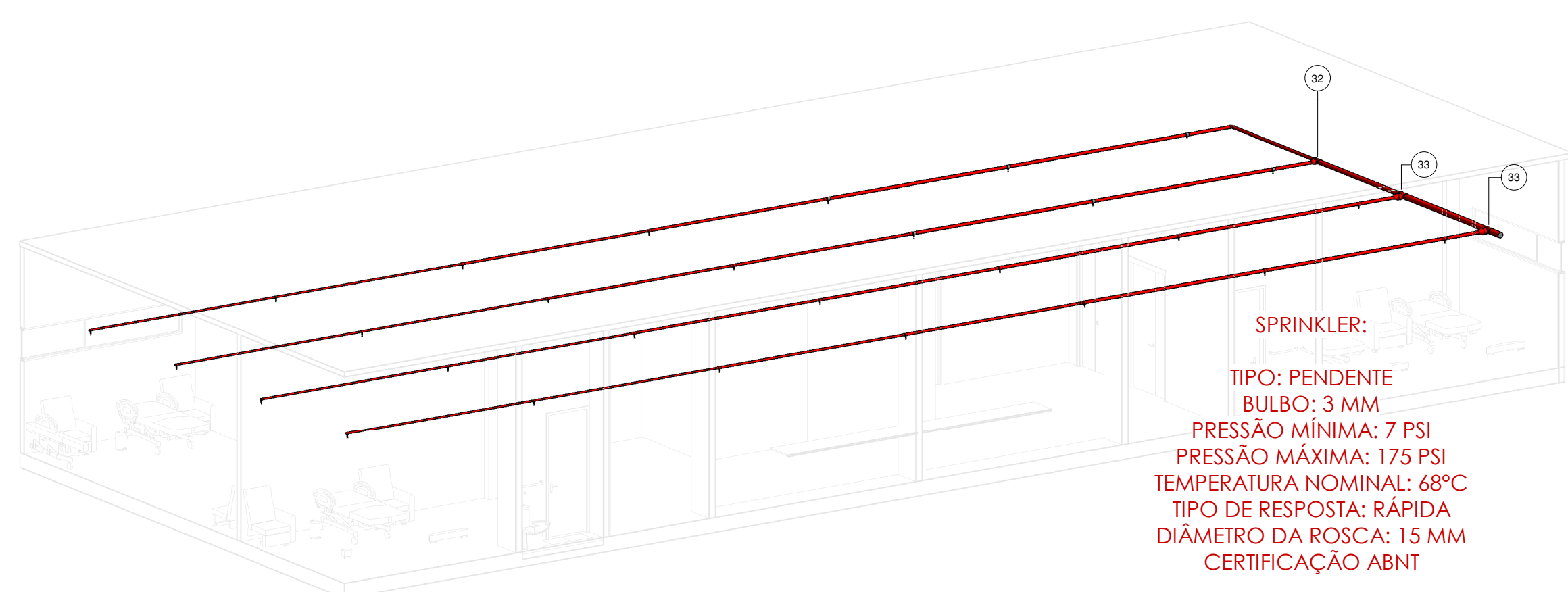
Planta baixa do projeto e detalhes – Rede ramificada – Nível 04



1 NÍVEL 04 - SPRINKLERS
1 : 125



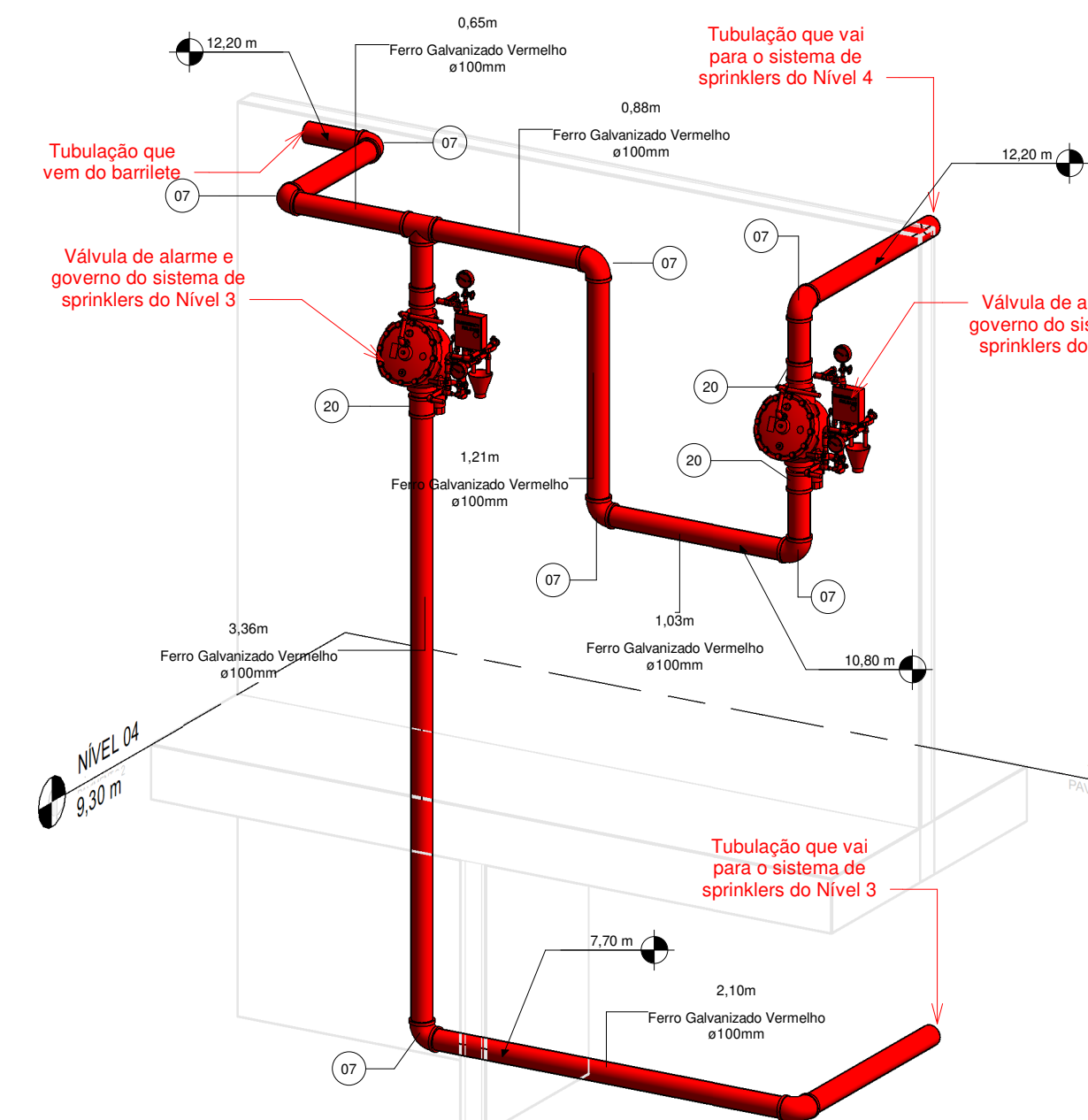
4 ALTURA DE INSTALAÇÃO SUBRAMAL DE SPRINKLERS
1 : 100



3 RAMAIS E SUB-RAMAIS - SIST. DE SPRINKLERS

DESCRIÇÃO	SÍMBOLO
ALARME SONORO	E1
COMANDO DE ALARME	S2
COMANDO GERAL DE INCÊNDIO	E3
INDICADOR DE INCÊNDIO	E5
ARMÁRIO DE HANDELERIA DE INCÊNDIO	E7
VÁLVULA DE CONTROLE DE FLUXO	E8
VÁLVULA DE CONTROLE DE FLUXO	E10

SISTEMA DE HIDRANTE E SPRINKLERS	
HIDRANTES SIMPLES	S1
HIDRANTES DUPLOS	S2
HIDRANTE URBANO DE COLUNA	S3
REGISTRO DE PASSAGEIO	S4
BOMBA DE INCÊNDIO	S5
CARGA D'ÁGUA	S6
TUBULAÇÃO DE FERRO GALVANIZADO - NOVO	S7
TUBULAÇÃO DE FERRO GALVANIZADO - EXISTENTE	S8
BOTOEIRA BOMBA DE INCÊNDIO	S9
SPRINKLERS	S10
ÁREA PROTEGIDA POR CHAMFOS AUTOMÁTICOS	S11
VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME	S12



2 VGA - SIST. SPRINKLERS

Tabela de tubulações - Sprinklers		
Material	Diâmetro	Comprimento
Ferro Galvanizado Vermelho	15,00 mm	13,57 m
Ferro Galvanizado Vermelho	20,00 mm	4,33 m
Ferro Galvanizado Vermelho	25,00 mm	547,13 m
Ferro Galvanizado Vermelho	32,00 mm	271,50 m
Ferro Galvanizado Vermelho	40,00 mm	260,42 m
Ferro Galvanizado Vermelho	50,00 mm	592,49 m
Ferro Galvanizado Vermelho	65,00 mm	1,92 m
Ferro Galvanizado Vermelho	80,00 mm	11,69 m
Ferro Galvanizado Vermelho	100,00 mm	293,18 m

Tabela de conexão de tubo - Sprinklers			
Quantidade	Código	Descrição da conexão	Diâmetro
64	03	Bujão com Rebordo 10mm-a-80mm: TUPY - BSP - Bujão com Rebordo	25,00 mme
5	04	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	20,00 mme-20,00 mme
5	05	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	50,00 mme-50,00 mme
4	06	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	65,00 mme-65,00 mme
21		Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	100,00 mme-100,00 mme
1	09	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	32,00 mme-20,00 mme
64	10	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	32,00 mme-25,00 mme
64	11	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	40,00 mme-32,00 mme
1	12	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	50,00 mme-32,00 mme
64	13	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	50,00 mme-40,00 mme
9	14	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mme-50,00 mme
2	15	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mme-65,00 mme
56	16	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mme-50,00 mme
2	17	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mme-65,00 mme
7		Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mme-80,00 mme
1	19	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mme-100,00 mme
3	20	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	101,60 mme-100,00 mme
4	24	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	20,00 mme-20,00 mme-4,00 mme
2	25	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	20,00 mme-20,00 mme-20,00 mme
128	26	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	25,00 mme-25,00 mme-15,00 mme
64	27	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	32,00 mme-32,00 mme-15,00 mme
64	28	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	40,00 mme-40,00 mme-15,00 mme
168	30	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	50,00 mme-50,00 mme-15,00 mme
4	32	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	80,00 mme-80,00 mme-80,00 mme
67		Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	100,00 mme-100,00 mme-100,00 mme

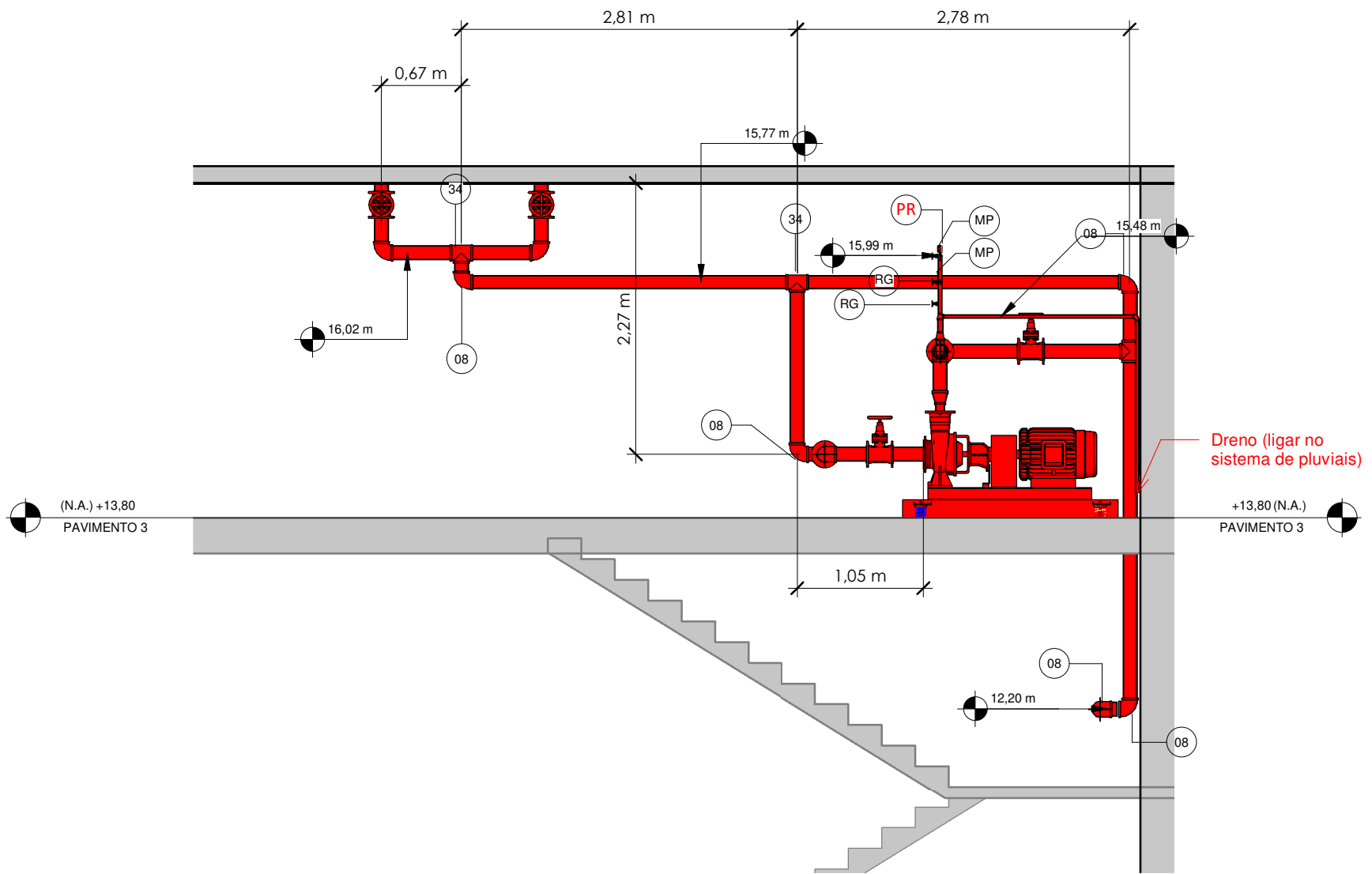
Tabela de acessório de tubo - Sprinklers		
Quantidade	Marca	Descrição do item
6	VR	Válvula de retenção 4"
2	MP	Manômetro de pressão: Mostrador de 50 mm 8 mm
5	RG	Registro de gaveta industrial 4"
3	RG	Registro de gaveta industrial 1/2"
2	VG	Válvula de Alarme e Governo para sistema de sprinklers 4"

ANEXO 3

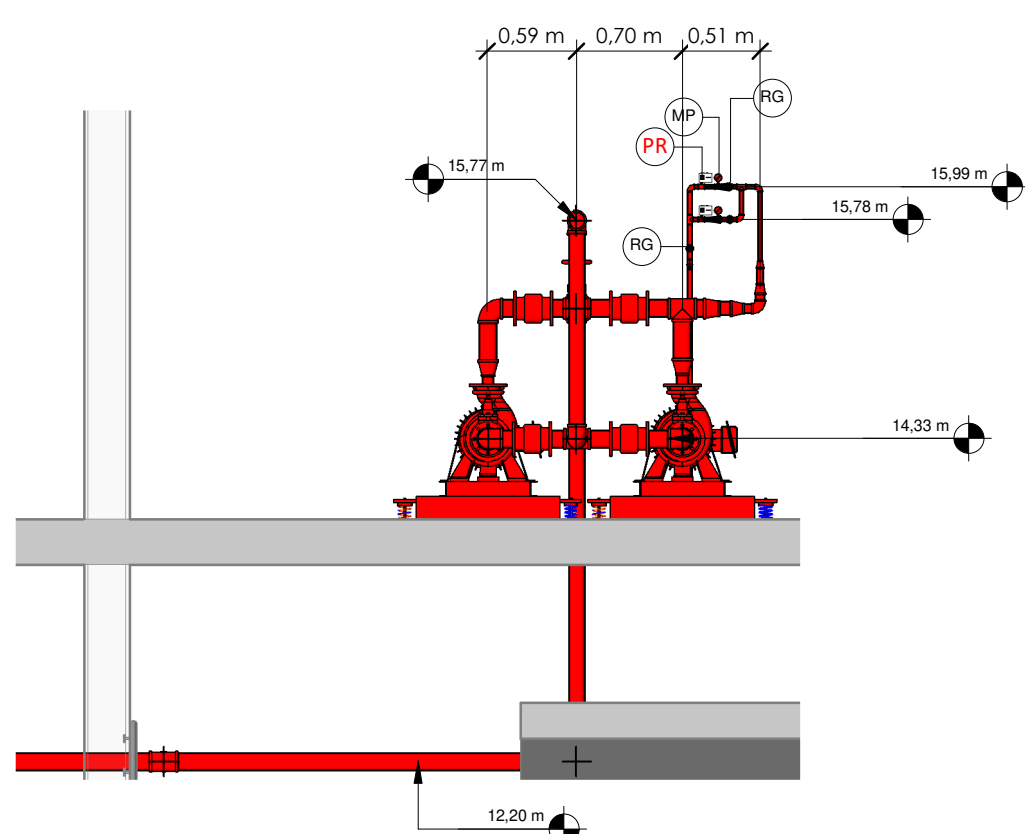
Planta baixa do projeto e detalhes – Rede ramificada – Nível 03

SISTEMA DE HIDRANTE E SPRINKLERS

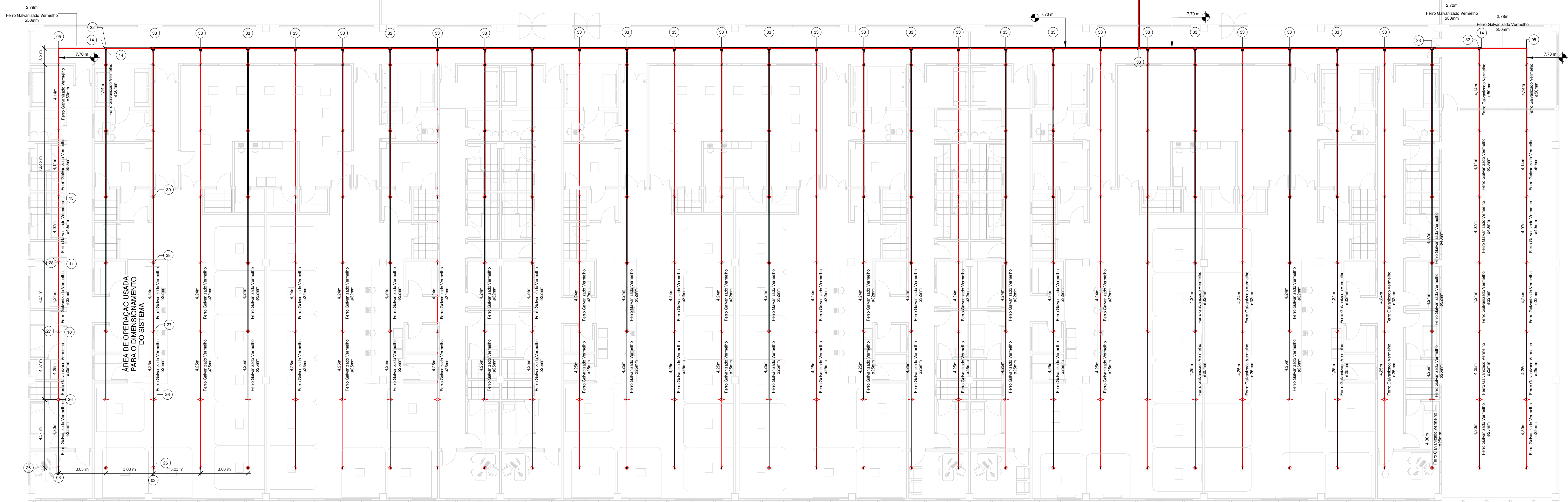
HIDRANTES SIMPLES	
HIDRANTES DUPLOS	
HIDRANTE URBANO DE COLUNA	
REGISTRO DE PASSAIO	
BOMBA DE INCÊNDIO	
CARGA D'ÁGUA	
TUBULAÇÃO DE FERRO GALVANIZADO - NOVO	
TUBULAÇÃO DE FERRO GALVANIZADO - EXISTENTE	
BOTOEIRA BOMBA DE INCÊNDIO	
SPRINKLERS	
ÁREA PROTEGIDA POR CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	
VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME	



3 VISTA LATERAL - BOMBAS DO SIST. DE SPRINKLERS
1 : 50



4 VISTA FRONTAL - BOMBAS (SPRINKLERS)
1 : 50



1 NÍVEL 03 - SPRINKLERS
1 : 125

RESERVAS DE INCÊNDIO:
Tempo de funcionamento do sistema = 30 min

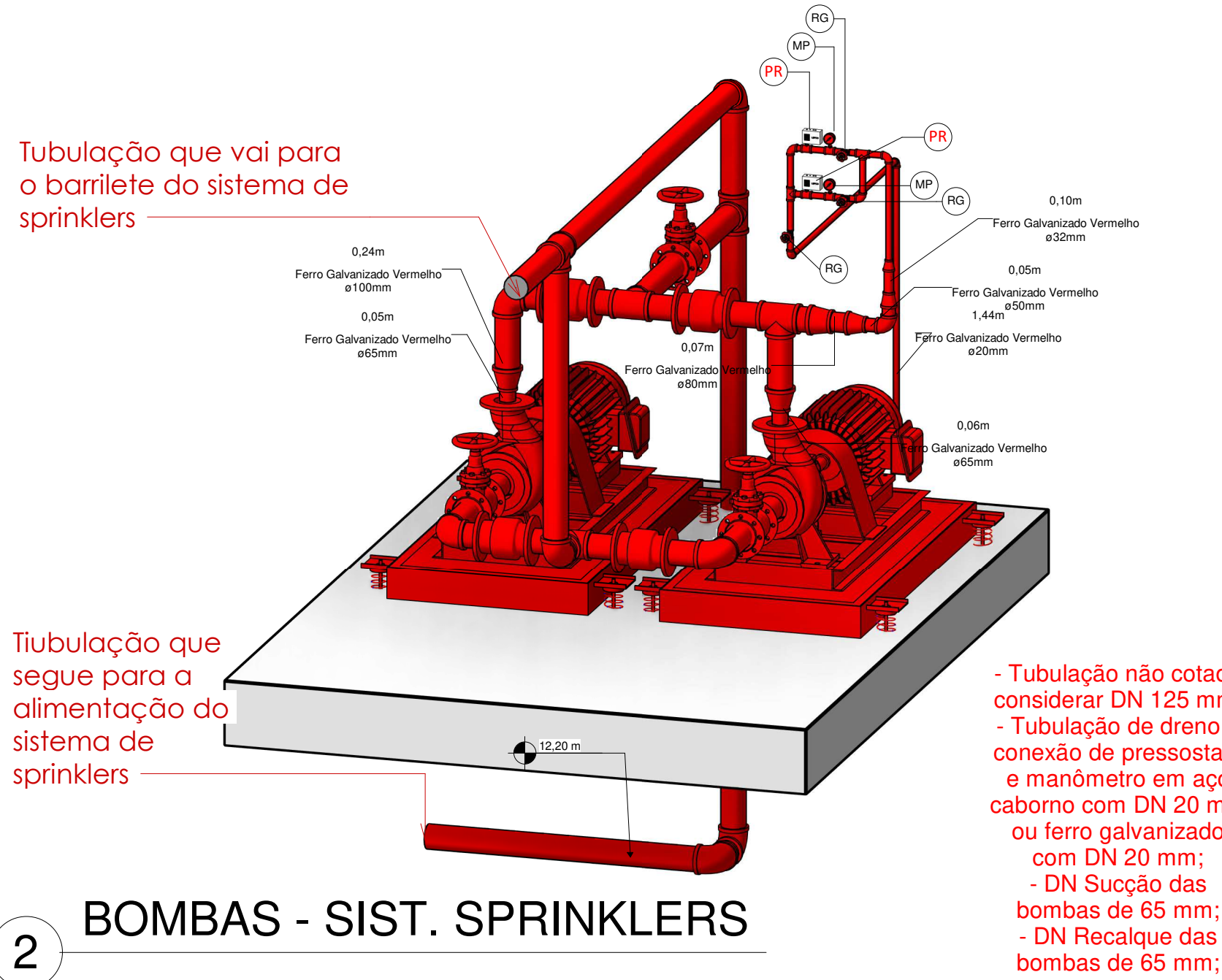
RESERVAS DE INCÊNDIO:
RTI Chuveiros automáticos = 46,87 m³

BOMBAS (PRINCIPAL E RESERVA) - SPRINKLERS:

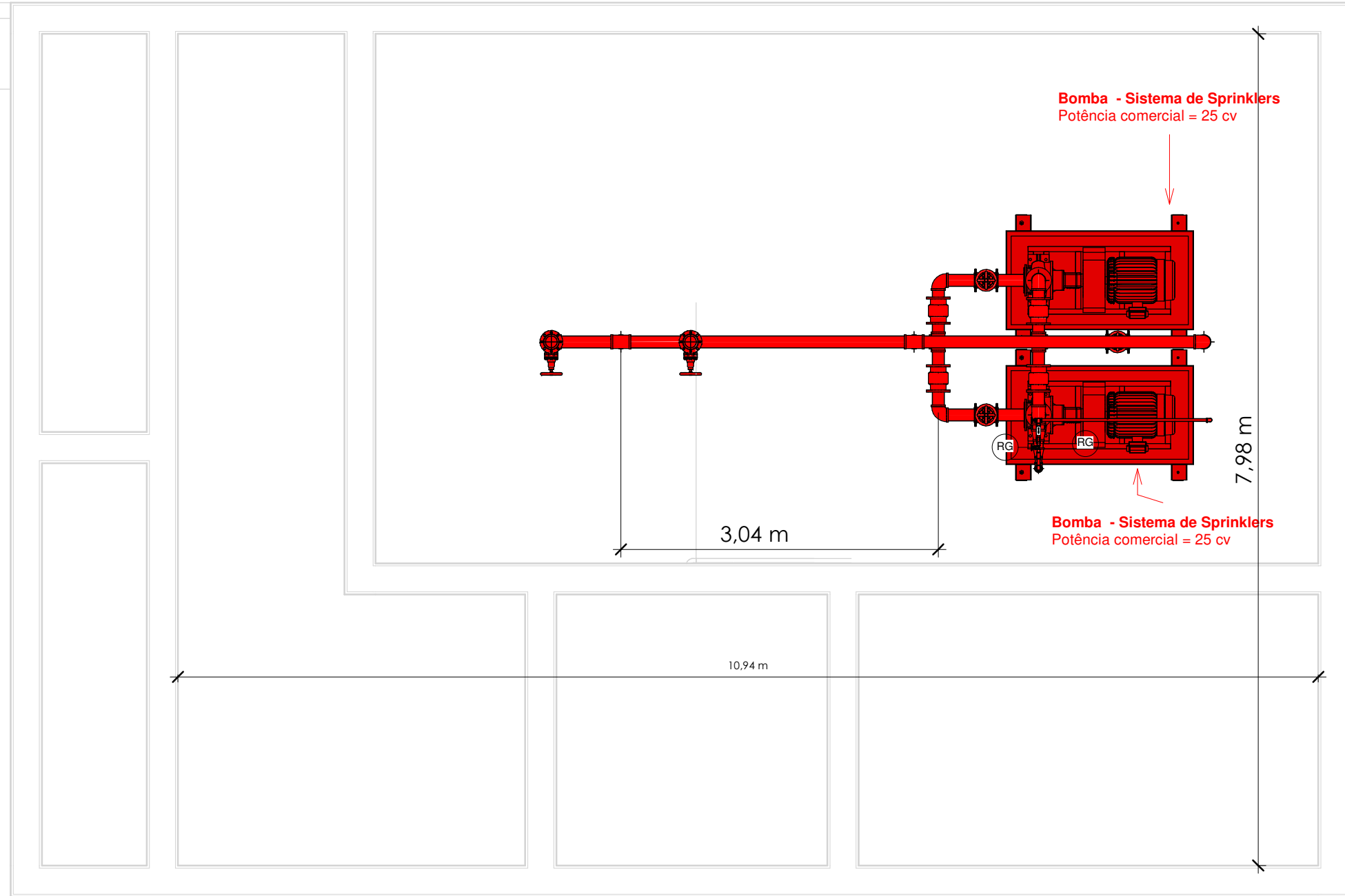
Vazão = 93,74 m³/h
H manométrica = 30,26 mca

BOMBA DE PRESSURIZAÇÃO - SISTEMA DE SPRINKLERS:

- MODELO: BPI 100-065-160 F/R/MANC OU SIMILAR
- POTÊNCIA: 25 CV
- DN SUÇÃO: 4"
- DN RECALQUE: 2 1/2"
- PRESSÃO MÁXIMA SEM VAZÃO: 42 mca
- ROTOR: 150 mm
- VAZÃO DE PROJETO: 121,36 m³/h
- ALTURA MANOMÉTRICA: 34,80 mca



2 BOMBAS - SIST. SPRINKLERS



5 BARRILETE/CASA DE BOMBAS
1 : 50

ANEXO 4

Resultado do dimensionamento da rede fechada (malhada) pelo software EPANET - Pressões

Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Consumo-Base LPM	Consumo LPM	Carga Hidráulica m	Pressão m
Nó 1	0	0.00	8.94	8.94
Nó 2	0	0.00	9.38	9.38
Nó 3	0	0.00	10.32	10.32
Nó 4	0	0.00	10.60	10.60
Nó 5	0	0.00	10.92	10.92
Nó 6	0	0.00	11.28	11.28
Nó 7	0	0.00	11.70	11.70
Nó 8	0	0.00	12.16	12.16
Nó 9	0	0.00	12.68	12.68
Nó 10	0	0.00	13.23	13.23
Nó 11	0	0.00	13.83	13.83
Nó 12	0	0.00	14.48	14.48
Nó 13	0	0.00	15.17	15.17
Nó 14	0	0.00	15.91	15.91
Nó 15	0	0.00	16.70	16.70
Nó 16	0	0.00	17.52	17.52
Nó 17	0	0.00	18.37	18.37
Nó 18	0	0.00	19.24	19.24
Nó 19	0	0.00	20.12	20.12
Nó 20	0	0.00	21.03	21.03
Nó 21	0	0.00	21.97	21.97
Nó 22	0	0.00	22.95	22.95
Nó 24	0	0.00	23.63	23.63
Nó 25	0	0.00	23.37	23.37
Nó 26	0	0.00	23.26	23.26
Nó 27	0	0.00	23.21	23.21
Nó 28	0	0.00	23.19	23.19
Nó 29	0	0.00	23.18	23.18

Identificador do Nó	Consumo-Base LPM	Consumo LPM	Carga Hidráulica m	Pressão m
Nó 30	0	0.00	23.18	23.18
Nó 31	0	0.00	23.18	23.18
Nó 33	0	0.00	8.25	8.25
Nó 37	0	0.00	7.33	7.33
Nó 41	56.57	56.57	6.41	6.41
Nó 45	56.57	56.57	6.08	6.08
Nó 49	56.57	56.57	5.98	5.98
Nó 53	56.57	56.57	6.25	6.25
Nó 57	56.57	56.57	6.71	6.71
Nó 32	0	0.00	7.90	7.90
Nó 36	0	0.00	7.08	7.08
Nó 40	56.57	56.57	6.26	6.26
Nó 44	56.57	56.57	5.99	5.99
Nó 48	56.57	56.57	5.95	5.95
Nó 52	56.57	56.57	6.06	6.06
Nó 56	56.57	56.57	6.60	6.60
Nó 61	0	0.00	6.88	6.88
Nó 38	0	0.00	7.92	7.92
Nó 42	56.57	56.57	7.08	7.08
Nó 46	56.57	56.57	6.11	6.11
Nó 50	56.57	56.57	6.06	6.06
Nó 54	56.57	56.57	6.44	6.44
Nó 58	56.57	56.57	6.96	6.96
Nó 62	0	0.00	7.48	7.48
Nó 34	0	0.00	8.76	8.76
Nó 39	0	0.00	8.17	8.17
Nó 43	56.57	56.57	6.94	6.94
Nó 47	56.57	56.57	6.42	6.42
Nó 51	56.57	56.57	6.04	6.04

Identificador do Nó	Consumo-Base LPM	Consumo LPM	Carga Hidráulica m	Pressão m
Nó 55	56.57	56.57	6.09	6.09
Nó 60	56.57	56.57	7.06	7.06
Nó 63	0	0.00	7.68	7.68
Nó 35	0	0.00	9.39	9.39
Nó 64	0	0.00	8.01	8.01
Nó 65	0	0.00	8.29	8.29
Nó 66	0	0.00	8.53	8.53
Nó 67	0	0.00	8.97	8.97
Nó 68	0	0.00	10.07	10.07
Nó 69	0	0.00	11.00	11.00
Nó 70	0	0.00	11.78	11.78
Nó 72	0	0.00	12.98	12.98
Nó 73	0	0.00	13.42	13.42
Nó 74	0	0.00	14.46	14.46
Nó 75	0	0.00	15.95	15.95
Nó 76	0	0.00	17.15	17.15
Nó 77	0	0.00	18.17	18.17
Nó 78	0	0.00	19.07	19.07
Nó 79	0	0.00	19.85	19.85
Nó 80	0	0.00	20.51	20.51
Nó 71	0	0.00	12.43	12.43
Nó 90	0	0.00	23.17	23.17
Nó 89	0	0.00	23.17	23.17
Nó 88	0	0.00	23.17	23.17
Nó 87	0	0.00	23.16	23.16
Nó 86	0	0.00	23.14	23.14
Nó 85	0	0.00	23.10	23.10
Nó 84	0	0.00	22.99	22.99
Nó 83	0	0.00	22.73	22.73

Identificador do Nó	Consumo-Base LPM	Consumo LPM	Carga Hidráulica m	Pressão m
Nó 82	0	0.00	22.11	22.11
Nó 81	0	0.00	21.01	21.01
Nó 23	0	0.00	23.85	23.85
Nó 93	0	0.00	23.18	23.18
Nó 92	0	0.00	23.17	23.17
Nó 102	0	0.00	10.38	10.38
Nó 103	0	0.00	10.70	10.70
Nó 104	0	0.00	11.05	11.05
Nó 105	0	0.00	11.47	11.47
Nó 106	0	0.00	11.99	11.99
Nó 107	0	0.00	12.54	12.54
Nó 108	0	0.00	13.11	13.11
Nó 109	0	0.00	13.72	13.72
Nó 110	0	0.00	14.35	14.35
Nó 111	0	0.00	15.02	15.02
Nó 112	0	0.00	15.79	15.79
Nó 113	0	0.00	16.64	16.64
Nó 114	0	0.00	17.49	17.49
Nó 115	0	0.00	18.36	18.36
Nó 116	0	0.00	19.23	19.23
Nó 117	0	0.00	20.10	20.10
Nó 118	0	0.00	20.99	20.99
Nó 119	0	0.00	21.89	21.89
Nó 120	0	0.00	22.88	22.88
Nó 121	0	0.00	23.55	23.55
Nó 122	0	0.00	23.34	23.34
Nó 123	0	0.00	23.24	23.24
Nó 124	0	0.00	23.20	23.20
Nó 125	0	0.00	23.19	23.19

Identificador do Nó	Consumo-Base LPM	Consumo LPM	Carga Hidráulica m	Pressão m
Nó 126	0	0.00	23.18	23.18
Nó 127	0	0.00	23.18	23.18
Nó 128	0	0.00	23.18	23.18
Nó 129	0	0.00	8.22	8.22
Nó 130	0	0.00	8.51	8.51
Nó 131	0	0.00	8.76	8.76
Nó 132	0	0.00	9.20	9.20
Nó 133	0	0.00	10.24	10.24
Nó 134	0	0.00	11.13	11.13
Nó 135	0	0.00	11.90	11.90
Nó 136	0	0.00	12.55	12.55
Nó 137	0	0.00	13.10	13.10
Nó 138	0	0.00	13.56	13.56
Nó 139	0	0.00	14.58	14.58
Nó 140	0	0.00	16.01	16.01
Nó 141	0	0.00	17.18	17.18
Nó 142	0	0.00	18.19	18.19
Nó 143	0	0.00	19.08	19.08
Nó 144	0	0.00	19.87	19.87
Nó 145	0	0.00	20.55	20.55
Nó 146	0	0.00	21.09	21.09
Nó 147	0	0.00	22.17	22.17
Nó 148	0	0.00	22.80	22.80
Nó 149	0	0.00	23.02	23.02
Nó 150	0	0.00	23.11	23.11
Nó 151	0	0.00	23.15	23.15
Nó 152	0	0.00	23.16	23.16
Nó 153	0	0.00	23.17	23.17
Nó 154	0	0.00	23.17	23.17

Identificador do Nó	Consumo-Base LPM	Consumo LPM	Carga Hidráulica m	Pressão m
Nó 155	0	0.00	23.17	23.17
RNF 91	#N/A	-1131.40	24.66	0.00

Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Qualidade
Nó 1	0.00
Nó 2	0.00
Nó 3	0.00
Nó 4	0.00
Nó 5	0.00
Nó 6	0.00
Nó 7	0.00
Nó 8	0.00
Nó 9	0.00
Nó 10	0.00
Nó 11	0.00
Nó 12	0.00
Nó 13	0.00
Nó 14	0.00
Nó 15	0.00
Nó 16	0.00
Nó 17	0.00
Nó 18	0.00
Nó 19	0.00
Nó 20	0.00
Nó 21	0.00
Nó 22	0.00
Nó 24	0.00
Nó 25	0.00
Nó 26	0.00
Nó 27	0.00
Nó 28	0.00
Nó 29	0.00

Identificador do Nó	Qualidade
Nó 30	0.00
Nó 31	0.00
Nó 33	0.00
Nó 37	0.00
Nó 41	0.00
Nó 45	0.00
Nó 49	0.00
Nó 53	0.00
Nó 57	0.00
Nó 32	0.00
Nó 36	0.00
Nó 40	0.00
Nó 44	0.00
Nó 48	0.00
Nó 52	0.00
Nó 56	0.00
Nó 61	0.00
Nó 38	0.00
Nó 42	0.00
Nó 46	0.00
Nó 50	0.00
Nó 54	0.00
Nó 58	0.00
Nó 62	0.00
Nó 34	0.00
Nó 39	0.00
Nó 43	0.00
Nó 47	0.00
Nó 51	0.00

Identificador do Nó	Qualidade
Nó 55	0.00
Nó 60	0.00
Nó 63	0.00
Nó 35	0.00
Nó 64	0.00
Nó 65	0.00
Nó 66	0.00
Nó 67	0.00
Nó 68	0.00
Nó 69	0.00
Nó 70	0.00
Nó 72	0.00
Nó 73	0.00
Nó 74	0.00
Nó 75	0.00
Nó 76	0.00
Nó 77	0.00
Nó 78	0.00
Nó 79	0.00
Nó 80	0.00
Nó 71	0.00
Nó 90	0.00
Nó 89	0.00
Nó 88	0.00
Nó 87	0.00
Nó 86	0.00
Nó 85	0.00
Nó 84	0.00
Nó 83	0.00

Identificador do Nó	Qualidade
Nó 82	0.00
Nó 81	0.00
Nó 23	0.00
Nó 93	0.00
Nó 92	0.00
Nó 102	0.00
Nó 103	0.00
Nó 104	0.00
Nó 105	0.00
Nó 106	0.00
Nó 107	0.00
Nó 108	0.00
Nó 109	0.00
Nó 110	0.00
Nó 111	0.00
Nó 112	0.00
Nó 113	0.00
Nó 114	0.00
Nó 115	0.00
Nó 116	0.00
Nó 117	0.00
Nó 118	0.00
Nó 119	0.00
Nó 120	0.00
Nó 121	0.00
Nó 122	0.00
Nó 123	0.00
Nó 124	0.00
Nó 125	0.00

Identificador do Nó	Qualidade
Nó 126	0.00
Nó 127	0.00
Nó 128	0.00
Nó 129	0.00
Nó 130	0.00
Nó 131	0.00
Nó 132	0.00
Nó 133	0.00
Nó 134	0.00
Nó 135	0.00
Nó 136	0.00
Nó 137	0.00
Nó 138	0.00
Nó 139	0.00
Nó 140	0.00
Nó 141	0.00
Nó 142	0.00
Nó 143	0.00
Nó 144	0.00
Nó 145	0.00
Nó 146	0.00
Nó 147	0.00
Nó 148	0.00
Nó 149	0.00
Nó 150	0.00
Nó 151	0.00
Nó 152	0.00
Nó 153	0.00
Nó 154	0.00

Identificador do Nó	Qualidade
Nó 155	0.00
RNF 91	0.00

ANEXO 5

Resultado do dimensionamento da rede fechada (malhada) pelo software EPANET - Vazões

Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Comprimento m	Diâmetro mm	Rugosidade	Vazão LPM
Tubulação 1	16.19	107.6	120	1131.40
Tubulação 2	2.33	82.2	120	1067.43
Tubulação 3	3.03	82.2	120	1044.80
Tubulação 4	3.03	82.2	120	1020.59
Tubulação 5	3.03	82.2	120	1003.10
Tubulação 6	3.03	82.2	120	990.68
Tubulação 7	3.03	82.2	120	980.86
Tubulação 8	3.03	82.2	120	970.26
Tubulação 9	3.03	82.2	120	955.61
Tubulação 10	3.03	82.2	120	934.35
Tubulação 11	3.03	82.2	120	904.14
Tubulação 12	3.03	82.2	120	870.74
Tubulação 13	3.03	82.2	120	839.94
Tubulação 14	3.03	82.2	120	810.23
Tubulação 15	3.03	82.2	120	779.88
Tubulação 16	3.03	82.2	120	747.15
Tubulação 17	3.03	82.2	120	710.39
Tubulação 18	3.03	82.2	120	668.07
Tubulação 19	3.03	82.2	120	625.57
Tubulação 20	3.03	82.2	120	584.08
Tubulação 21	3.03	82.2	120	542.90
Tubulação 22	3.03	54.3	120	387.17
Tubulação 23	3.03	54.3	120	259.95
Tubulação 24	4.13	37.1	120	126.02
Tubulação 28	4.22	37.1	120	126.02
Tubulação 29	4.22	37.1	120	126.02
Tubulação 30	4.22	37.1	120	69.45
Tubulação 31	4.22	28.4	120	12.88

Identificador do Trecho	Comprimento m	Diâmetro mm	Rugosidade	Vazão LPM
Tubulação 32	4.22	37.1	120	-43.69
Tubulação 33	4.22	37.1	120	-100.26
Tubulação 34	4.13	54.3	120	156.83
Tubulação 35	3.03	54.3	120	-305.75
Tubulação 36	3.03	82.2	120	-461.38
Tubulação 37	3.03	82.2	120	-588.50
Tubulação 38	3.03	82.2	120	-547.32
Tubulação 39	3.03	82.2	120	-505.83
Tubulação 40	3.03	69.4	120	-463.33
Tubulação 41	3.03	54.3	120	-421.01
Tubulação 42	3.03	54.3	120	-384.25
Tubulação 43	3.03	54.3	120	-351.52
Tubulação 44	3.03	54.3	120	-321.17
Tubulação 45	3.03	54.3	120	-291.46
Tubulação 46	3.03	54.3	120	-260.66
Tubulação 47	3.03	42.5	120	-227.26
Tubulação 48	3.03	37.1	120	-197.05
Tubulação 49	3.03	37.1	120	-175.79
Tubulação 50	3.03	37.1	120	-161.14
Tubulação 51	3.03	37.1	120	-150.54
Tubulação 52	3.03	37.1	120	-140.72
Tubulação 53	3.03	37.1	120	-128.30
Tubulação 54	3.03	37.1	120	-110.81
Tubulação 55	3.03	28.4	120	-86.60
Tubulação 56	3.03	28.4	120	-63.97
Tubulação 57	3.03	28.4	120	-40.44
Tubulação 58	3.03	28.4	120	-25.57
Tubulação 59	3.03	28.4	120	-16.19
Tubulação 60	3.03	28.4	120	-10.28

Identificador do Trecho	Comprimento m	Diâmetro mm	Rugosidade	Vazão LPM
Tubulação 61	3.03	28.4	120	-6.58
Tubulação 62	3.03	28.4	120	-4.33
Tubulação 63	3.03	28.4	120	-2.06
Tubulação 65	3.03	28.4	120	-2.06
Tubulação 66	3.03	28.4	120	-4.33
Tubulação 67	3.03	28.4	120	-6.58
Tubulação 68	3.03	28.4	120	-10.28
Tubulação 69	3.03	28.4	120	-16.19
Tubulação 70	3.03	28.4	120	-25.57
Tubulação 71	3.03	28.4	120	-40.44
Tubulação 72	0.58	28.4	120	-63.97
Tubulação 73	4.13	28.4	120	0.91
Tubulação 74	25.76	28.4	120	0.91
Tubulação 75	4.13	28.4	120	0.91
Tubulação 76	1.10	37.1	120	133.94
Tubulação 77	4.22	37.1	120	133.94
Tubulação 78	4.22	37.1	120	133.94
Tubulação 79	4.22	37.1	120	77.37
Tubulação 80	4.22	28.4	120	20.80
Tubulação 81	4.22	28.4	120	-35.77
Tubulação 82	4.22	37.1	120	-92.34
Tubulação 83	1.10	54.3	120	-148.91
Tubulação 84	1.10	37.1	120	127.22
Tubulação 85	4.22	37.1	120	127.22
Tubulação 86	4.22	37.1	120	127.22
Tubulação 87	4.22	28.4	120	70.65
Tubulação 88	4.22	28.4	120	14.08
Tubulação 89	4.22	28.4	120	-42.49
Tubulação 90	4.22	37.1	120	-99.06

Identificador do Trecho	Comprimento m	Diâmetro mm	Rugosidade	Vazão LPM
Tubulação 91	1.10	42.5	120	-155.63
Tubulação 92	1.10	37.1	120	155.73
Tubulação 93	4.22	37.1	120	155.73
Tubulação 94	4.22	37.1	120	155.73
Tubulação 95	4.22	37.1	120	99.16
Tubulação 96	4.22	28.4	120	42.59
Tubulação 97	4.22	28.4	120	-13.98
Tubulação 98	4.22	28.4	120	-70.55
Tubulação 99	1.10	37.1	120	-127.12
Tubulação 100	1.10	28.4	120	41.17
Tubulação 101	25.76	28.4	120	41.17
Tubulação 102	1.10	28.4	120	41.17
Tubulação 103	1.10	28.4	120	41.49
Tubulação 104	25.76	28.4	120	41.49
Tubulação 105	1.10	28.4	120	41.49
Tubulação 106	1.10	28.4	120	42.50
Tubulação 107	25.76	28.4	120	42.50
Tubulação 108	1.10	28.4	120	42.50
Tubulação 109	1.10	28.4	120	42.32
Tubulação 110	25.76	28.4	120	42.32
Tubulação 111	1.10	28.4	120	42.32
Tubulação 112	1.10	28.4	120	36.76
Tubulação 113	25.76	28.4	120	36.76
Tubulação 114	1.10	28.4	120	36.76
Tubulação 115	1.10	28.4	120	32.73
Tubulação 116	25.76	28.4	120	32.73
Tubulação 117	1.10	28.4	120	32.73
Tubulação 118	1.10	28.4	120	30.35
Tubulação 119	25.76	28.4	120	30.35

Identificador do Trecho	Comprimento m	Diâmetro mm	Rugosidade	Vazão LPM
Tubulação 120	1.10	28.4	120	30.35
Tubulação 121	1.10	28.4	120	29.72
Tubulação 122	25.76	28.4	120	29.72
Tubulação 123	1.10	28.4	120	29.72
Tubulação 124	1.10	28.4	120	30.80
Tubulação 125	25.76	28.4	120	30.80
Tubulação 126	1.10	28.4	120	30.80
Tubulação 127	1.10	28.4	120	33.41
Tubulação 128	25.76	28.4	120	33.41
Tubulação 129	1.10	28.4	120	33.41
Tubulação 130	1.10	28.4	120	30.21
Tubulação 131	25.76	28.4	120	30.21
Tubulação 132	1.10	28.4	120	30.21
Tubulação 133	1.10	28.4	120	21.25
Tubulação 134	25.76	28.4	120	21.25
Tubulação 135	1.10	28.4	120	21.25
Tubulação 136	1.10	28.4	120	14.65
Tubulação 137	1.10	28.4	120	10.61
Tubulação 138	25.76	28.4	120	14.65
Tubulação 139	1.10	28.4	120	14.65
Tubulação 140	25.76	28.4	120	10.61
Tubulação 141	1.10	28.4	120	10.61
Tubulação 142	1.10	28.4	120	9.82
Tubulação 143	25.76	28.4	120	9.82
Tubulação 144	1.10	28.4	120	9.82
Tubulação 145	1.10	28.4	120	12.42
Tubulação 146	25.76	28.4	120	12.42
Tubulação 147	1.10	28.4	120	12.42
Tubulação 148	1.10	28.4	120	17.49

Identificador do Trecho	Comprimento m	Diâmetro mm	Rugosidade	Vazão LPM
Tubulação 149	25.76	28.4	120	17.49
Tubulação 150	1.10	28.4	120	17.49
Tubulação 151	1.10	28.4	120	24.21
Tubulação 152	25.76	28.4	120	24.21
Tubulação 153	1.10	28.4	120	24.21
Tubulação 154	1.10	28.4	120	22.63
Tubulação 155	25.76	28.4	120	22.63
Tubulação 156	1.10	28.4	120	-22.63
Tubulação 157	1.10	28.4	120	23.52
Tubulação 158	25.76	28.4	120	23.52
Tubulação 159	1.10	28.4	120	23.52
Tubulação 160	1.10	28.4	120	14.87
Tubulação 161	25.76	28.4	120	14.87
Tubulação 162	1.10	28.4	120	14.87
Tubulação 163	1.10	28.4	120	9.39
Tubulação 164	25.76	28.4	120	9.39
Tubulação 165	1.10	28.4	120	9.39
Tubulação 166	1.10	28.4	120	5.91
Tubulação 167	25.76	28.4	120	5.91
Tubulação 168	1.10	28.4	120	5.91
Tubulação 169	1.10	28.4	120	3.70
Tubulação 170	25.76	28.4	120	3.70
Tubulação 171	1.10	28.4	120	3.70
Tubulação 172	1.10	28.4	120	2.25
Tubulação 173	25.76	28.4	120	2.25
Tubulação 174	1.10	28.4	120	2.25
Tubulação 175	1.10	28.4	120	2.27
Tubulação 176	25.76	28.4	120	2.27
Tubulação 177	1.10	28.4	120	2.27

Identificador do Trecho	Comprimento m	Diâmetro mm	Rugosidade	Vazão LPM
Tubulação 178	1.10	28.4	120	1.16
Tubulação 179	25.76	28.4	120	1.16
Tubulação 180	1.10	28.4	120	1.16

Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Velocidade m/s	Perda de Carga m/km
Tubulação 1	2.07	50.07
Tubulação 2	3.35	388.01
Tubulação 3	3.28	323.30
Tubulação 4	3.21	309.02
Tubulação 5	3.15	298.90
Tubulação 6	3.11	291.81
Tubulação 7	3.08	286.27
Tubulação 8	3.05	280.33
Tubulação 9	3.00	272.24
Tubulação 10	2.93	260.70
Tubulação 11	2.84	244.71
Tubulação 12	2.73	227.59
Tubulação 13	2.64	212.35
Tubulação 14	2.54	198.12
Tubulação 15	2.45	184.08
Tubulação 16	2.35	169.50
Tubulação 17	2.23	153.82
Tubulação 18	2.10	136.67
Tubulação 19	1.96	120.43
Tubulação 20	1.83	105.54
Tubulação 21	1.71	91.70
Tubulação 22	2.79	309.72
Tubulação 23	1.87	144.89
Tubulação 24	1.94	251.52
Tubulação 28	1.94	194.76
Tubulação 29	1.94	194.76
Tubulação 30	1.07	63.45
Tubulação 31	0.34	9.52

Identificador do Trecho	Velocidade m/s	Perda de Carga m/km
Tubulação 32	0.67	26.55
Tubulação 33	1.55	126.64
Tubulação 34	1.13	69.06
Tubulação 35	2.20	197.41
Tubulação 36	1.45	67.07
Tubulação 37	1.85	107.08
Tubulação 38	1.72	93.14
Tubulação 39	1.59	80.04
Tubulação 40	2.04	144.19
Tubulação 41	3.03	363.44
Tubulação 42	2.77	305.28
Tubulação 43	2.53	257.60
Tubulação 44	2.31	216.84
Tubulação 45	2.10	180.20
Tubulação 46	1.88	145.64
Tubulação 47	2.67	344.25
Tubulação 48	3.04	491.51
Tubulação 49	2.71	395.97
Tubulação 50	2.48	335.83
Tubulação 51	2.32	295.22
Tubulação 52	2.17	259.84
Tubulação 53	1.98	218.14
Tubulação 54	1.71	165.32
Tubulação 55	2.28	360.66
Tubulação 56	1.68	203.84
Tubulação 57	1.06	86.00
Tubulação 58	0.67	36.31
Tubulação 59	0.43	15.35
Tubulação 60	0.27	6.49

Identificador do Trecho	Velocidade m/s	Perda de Carga m/km
Tubulação 61	0.17	2.71
Tubulação 62	0.11	1.14
Tubulação 63	0.05	0.31
Tubulação 65	0.05	0.31
Tubulação 66	0.11	1.14
Tubulação 67	0.17	2.71
Tubulação 68	0.27	6.49
Tubulação 69	0.43	15.35
Tubulação 70	0.67	36.31
Tubulação 71	1.06	86.00
Tubulação 72	1.68	384.86
Tubulação 73	0.02	0.07
Tubulação 74	0.02	0.06
Tubulação 75	0.02	0.07
Tubulação 76	2.06	626.29
Tubulação 77	2.06	218.46
Tubulação 78	2.06	218.46
Tubulação 79	1.19	77.75
Tubulação 80	0.55	23.35
Tubulação 81	0.94	64.49
Tubulação 82	1.42	108.47
Tubulação 83	1.07	155.10
Tubulação 84	1.96	566.21
Tubulação 85	1.96	198.27
Tubulação 86	1.96	198.27
Tubulação 87	1.86	231.02
Tubulação 88	0.37	11.24
Tubulação 89	1.12	89.05
Tubulação 90	1.53	123.80

Identificador do Trecho	Velocidade m/s	Perda de Carga m/km
Tubulação 91	1.83	473.35
Tubulação 92	2.40	841.58
Tubulação 93	2.40	290.20
Tubulação 94	2.40	290.20
Tubulação 95	1.53	124.04
Tubulação 96	1.12	89.44
Tubulação 97	0.37	11.10
Tubulação 98	1.86	230.42
Tubulação 99	1.96	565.34
Tubulação 100	1.08	196.18
Tubulação 101	1.08	83.72
Tubulação 102	1.08	196.18
Tubulação 103	1.09	199.12
Tubulação 104	1.09	84.93
Tubulação 105	1.09	199.12
Tubulação 106	1.12	208.70
Tubulação 107	1.12	88.86
Tubulação 108	1.12	208.70
Tubulação 109	1.11	206.92
Tubulação 110	1.11	88.13
Tubulação 111	1.11	206.92
Tubulação 112	0.97	157.36
Tubulação 113	0.97	67.71
Tubulação 114	0.97	157.36
Tubulação 115	0.86	125.51
Tubulação 116	0.86	54.45
Tubulação 117	0.86	125.51
Tubulação 118	0.80	108.37
Tubulação 119	0.80	47.27

Identificador do Trecho	Velocidade m/s	Perda de Carga m/km
Tubulação 120	0.80	108.37
Tubulação 121	0.78	104.02
Tubulação 122	0.78	45.44
Tubulação 123	0.78	104.02
Tubulação 124	0.81	111.50
Tubulação 125	0.81	48.58
Tubulação 126	0.81	111.50
Tubulação 127	0.88	130.63
Tubulação 128	0.88	56.59
Tubulação 129	0.88	130.63
Tubulação 130	0.79	107.40
Tubulação 131	0.79	46.86
Tubulação 132	0.79	107.40
Tubulação 133	0.56	54.22
Tubulação 134	0.56	24.26
Tubulação 135	0.56	54.22
Tubulação 136	0.39	26.32
Tubulação 137	0.28	14.07
Tubulação 138	0.39	12.09
Tubulação 139	0.39	26.32
Tubulação 140	0.28	6.60
Tubulação 141	0.28	14.07
Tubulação 142	0.26	12.11
Tubulação 143	0.26	5.72
Tubulação 144	0.26	12.11
Tubulação 145	0.33	19.12
Tubulação 146	0.33	8.88
Tubulação 147	0.33	19.12
Tubulação 148	0.46	37.13

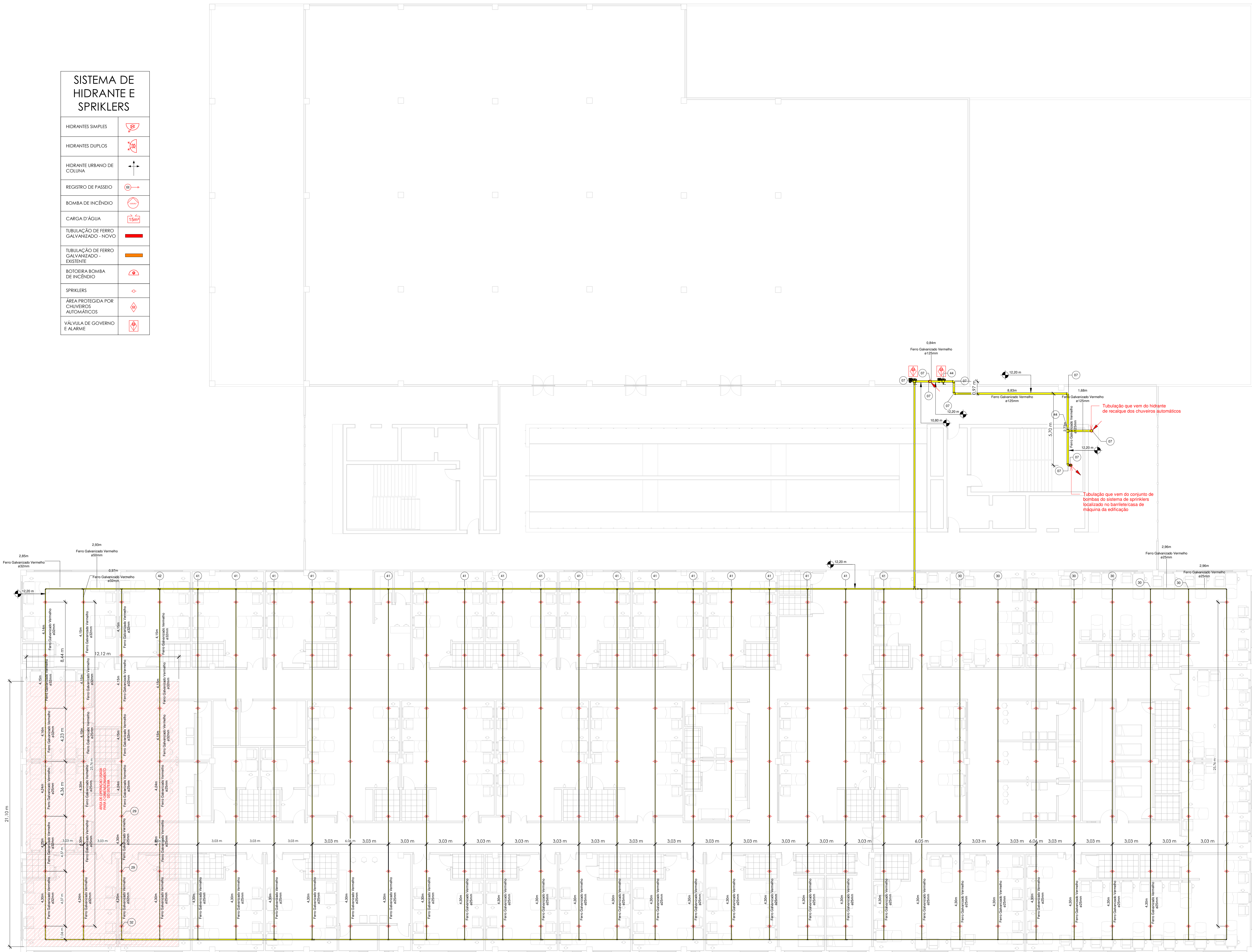
Identificador do Trecho	Velocidade m/s	Perda de Carga m/km
Tubulação 149	0.46	16.84
Tubulação 150	0.46	37.13
Tubulação 151	0.64	69.82
Tubulação 152	0.64	30.95
Tubulação 153	0.64	69.82
Tubulação 154	0.60	61.27
Tubulação 155	0.60	27.29
Tubulação 156	0.60	61.26
Tubulação 157	0.62	66.04
Tubulação 158	0.62	29.33
Tubulação 159	0.62	66.04
Tubulação 160	0.39	27.10
Tubulação 161	0.39	12.43
Tubulação 162	0.39	27.10
Tubulação 163	0.25	11.10
Tubulação 164	0.25	5.25
Tubulação 165	0.25	11.10
Tubulação 166	0.16	4.51
Tubulação 167	0.16	2.21
Tubulação 168	0.16	4.51
Tubulação 169	0.10	1.80
Tubulação 170	0.10	0.91
Tubulação 171	0.10	1.80
Tubulação 172	0.06	0.70
Tubulação 173	0.06	0.36
Tubulação 174	0.06	0.70
Tubulação 175	0.06	0.20
Tubulação 176	0.06	0.14
Tubulação 177	0.06	0.20

Identificador do Trecho	Velocidade m/s	Perda de Carga m/km
Tubulação 178	0.03	0.13
Tubulação 179	0.03	0.07
Tubulação 180	0.03	0.13

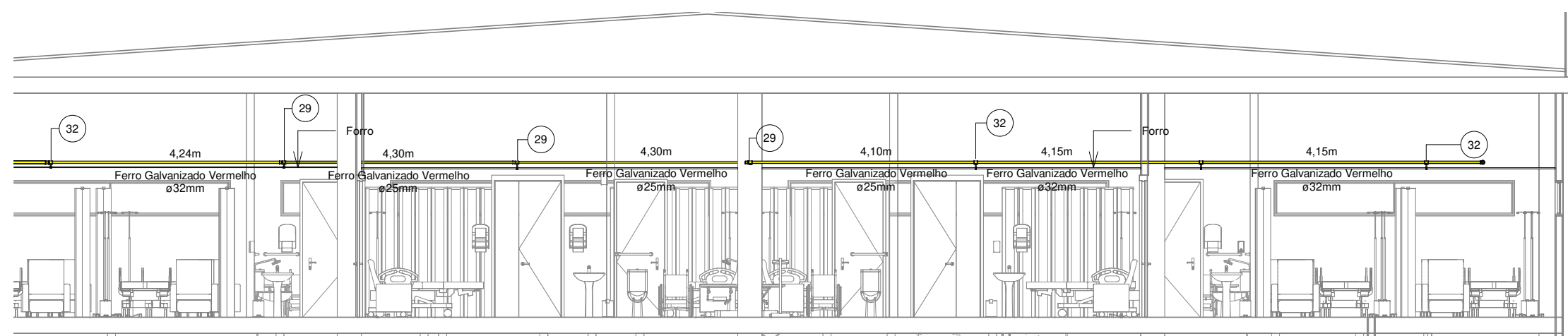
ANEXO 6

Planta baixa do projeto e detalhes – Rede malhada – Nível 04

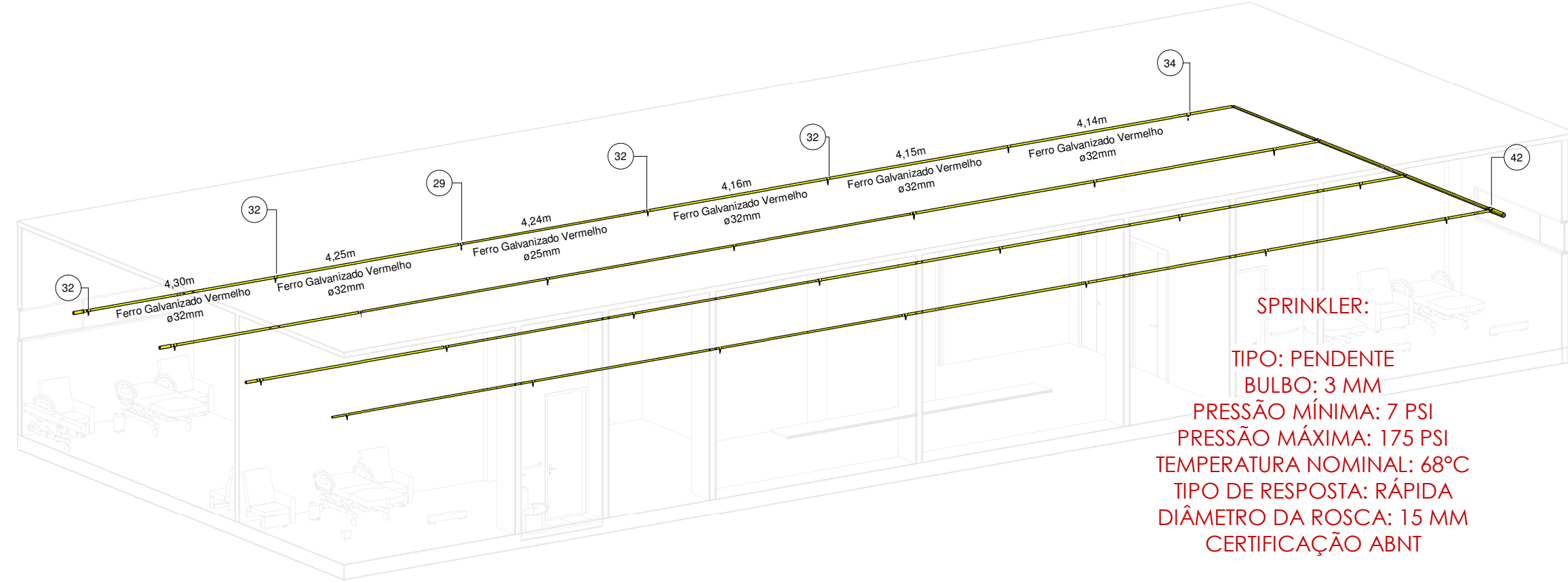
SISTEMA DE HIDRANTE E SPRINKLERS	
HIDRANTES SIMPLES	
HIDRANTES DUPLIS	
HIDRANTE URBANO DE COLUNA	
REGISTRO DE PASSO	
BOMBA DE INCÊNDIO	
CARGA D'ÁGUA	
TUBULAÇÃO DE FERRO GALVANIZADO - NOVO	
TUBULAÇÃO DE FERRO GALVANIZADO - EXISTENTE	
SCOPORA BOMBA DE INCÊNDIO	
SPRINKLERS	
ÁREA PROTEGIDA POR CHUVEIOS AUTOMÁTICOS	
VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME	



1 NÍVEL 04 - SPRINKLERS
1 : 125



4 ALTURA DE INSTALAÇÃO SUBRAMAL DE SPRINKLERS
1 : 100

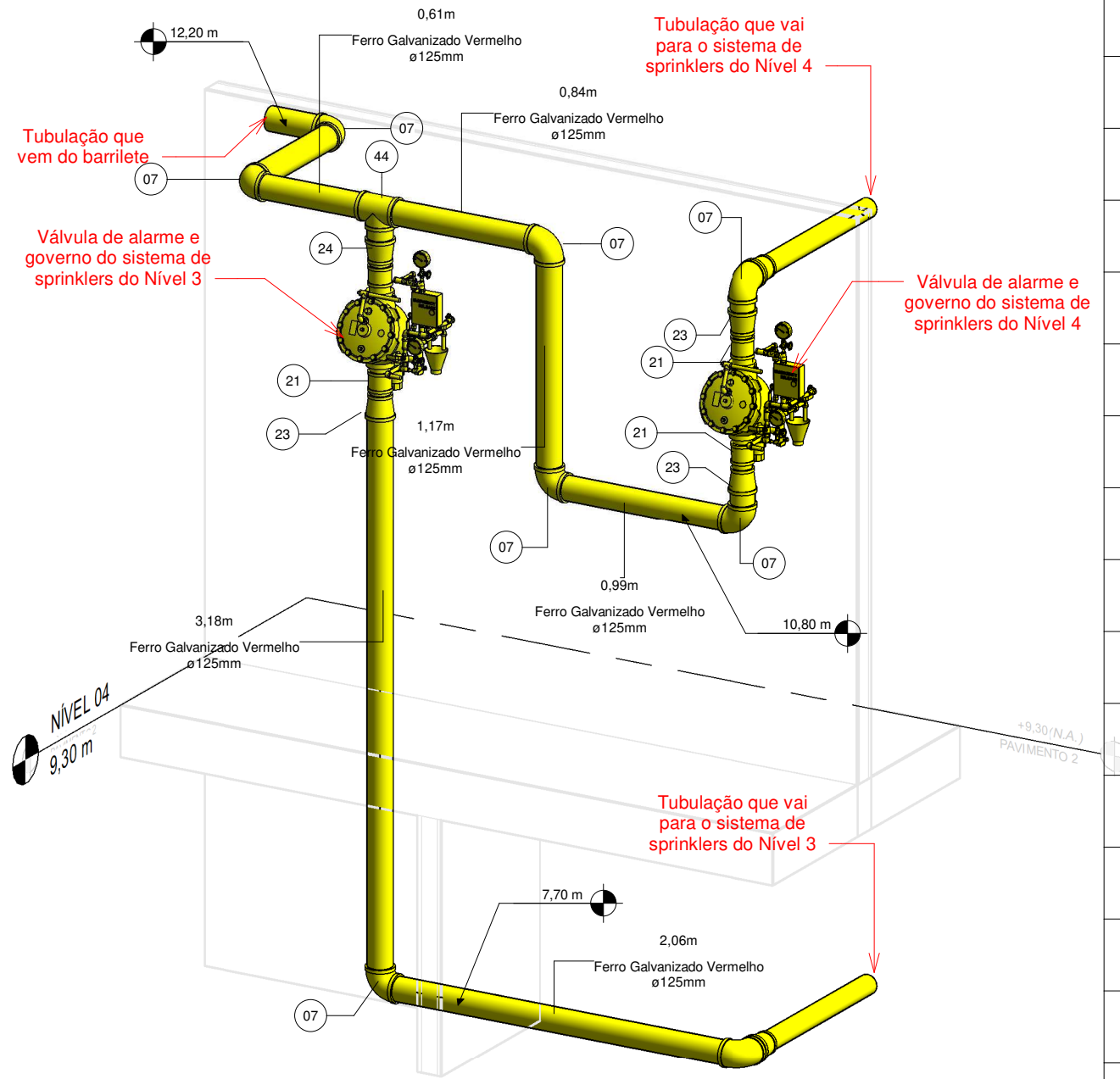


3 RAMAIS E SUB-RAMAIS - SIST. DE SPRINKLERS

Tabela de tubulações - Sprinklers		
Tipo	Diâmetro	Comprimento
Ferro Galvanizado Vermelho BSP	15,00 mm	16,83 m
Ferro Galvanizado Vermelho BSP	20,00 mm	4,31 m
Ferro Galvanizado Vermelho BSP	25,00 mm	1718,36 m
Ferro Galvanizado Vermelho BSP	32,00 mm	180,02 m
Ferro Galvanizado Vermelho BSP	40,00 mm	7,83 m
Ferro Galvanizado Vermelho BSP	50,00 mm	62,16 m
Ferro Galvanizado Vermelho BSP	65,00 mm	7,63 m
Ferro Galvanizado Vermelho BSP	80,00 mm	140,21 m
Ferro Galvanizado Vermelho BSP	100,00 mm	33,29 m
Ferro Galvanizado Vermelho BSP	125,00 mm	97,45 m

Tabela de acessório de tubo - Sprinklers		
Quantidade	Marca	Descrição do item
6	VH	Válvula de retenção horizontal 5"
2	MP	Manômetro de pressão: Mostrador de 50 mm - 8 mm
5	RG	Registro de gaveta industrial 5"
3	RG	Registro de gaveta industrial 1/2"
2	VG	Válvula de Alarme e Governo para sistema de sprinklers 4"

Tabela de conexão de tubo - Sprinklers		
Quantidade	Descrição da conexão	Diâmetro
22	Bucha de Redução: TUPY - BSP - Bucha De Redução	25,00 mme-15,00 mme
4	Bucha de Redução: TUPY - BSP - Bucha De Redução	125,00 mme-100,00 mme
5	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	20,00 mme-20,00 mme
4	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	25,00 mme-25,00 mme
2	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	32,00 mme-32,00 mme
3	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	50,00 mme-50,00 mme
23	Cotovelo de ferro galvanizado: BSP	125,00 mme-125,00 mme
16	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	32,00 mme-25,00 mme
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	40,00 mme-25,00 mme
4	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	40,00 mme-32,00 mme
1	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	50,00 mme-20,00 mme
6	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	50,00 mme-32,00 mme
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	50,00 mme-40,00 mme
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	65,00 mme-50,00 mme
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mme-40,00 mme
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mme-50,00 mme
5	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mme-50,00 mme
4	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	80,00 mme-65,00 mme
2	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mme-65,00 mme
4	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mme-80,00 mme
1	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	100,00 mme-100,00 mme
3	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	101,60 mme-100,00 mme
1	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	125,00 mme-80,00 mme
7	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	125,00 mme-100,00 mme
1	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	125,00 mme-101,60 mme
10	Luva de redução de ferro Galvanizado: BSP	127,00 mme-125,00 mme
1	Niple duplo de Ferro Galvanizado: BSP	50,00 mme-50,00 mme
4	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	20,00 mme-20,00 mme-4,00 mme
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	20,00 mme-20,00 mme-20,00 mme
402	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	25,00 mme-25,00 mme-15,00 mme
34	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	25,00 mme-25,00 mme-25,00 mme
8	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	32,00 mme-25,00 mme-25,00 mme
24	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	32,00 mme-32,00 mme-15,00 mme
16	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	32,00 mme-32,00 mme-25,00 mme
12	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	32,00 mme-32,00 mme-32,00 mme
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	40,00 mme-40,00 mme-25,00 mme
12	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	50,00 mme-50,00 mme-25,00 mme
4	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	50,00 mme-50,00 mme-32,00 mme
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	50,00 mme-50,00 mme-40,00 mme
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	50,00 mme-50,00 mme-50,00 mme
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	65,00 mme-65,00 mme-25,00 mme
46	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	80,00 mme-80,00 mme-25,00 mme
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	80,00 mme-80,00 mme-32,00 mme
2	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	80,00 mme-80,00 mme-80,00 mme
9	Tê de redução de ferro galvanizado: BSP	125,00 mme-125,00 mme-125,00 mme

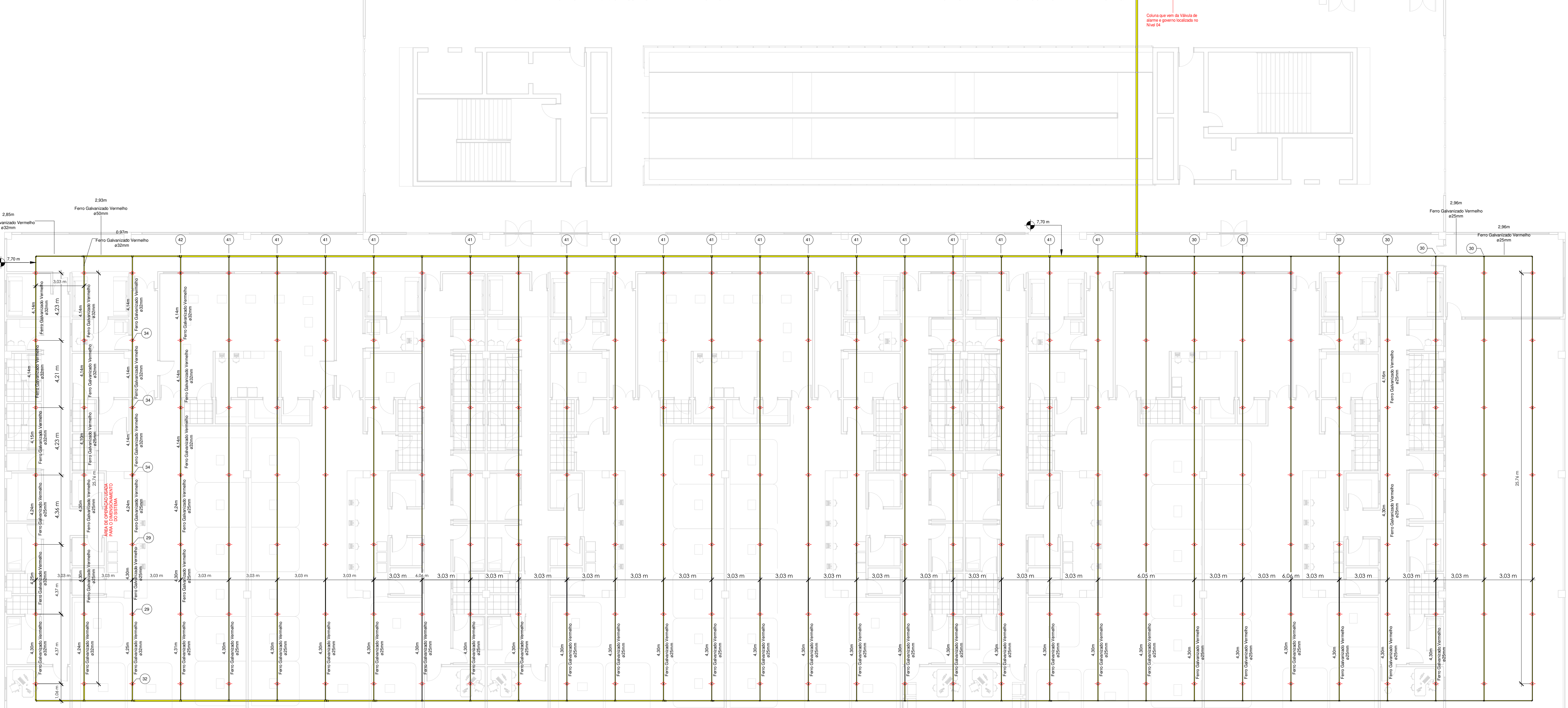


2 VGA - SIST. SPRINKLERS

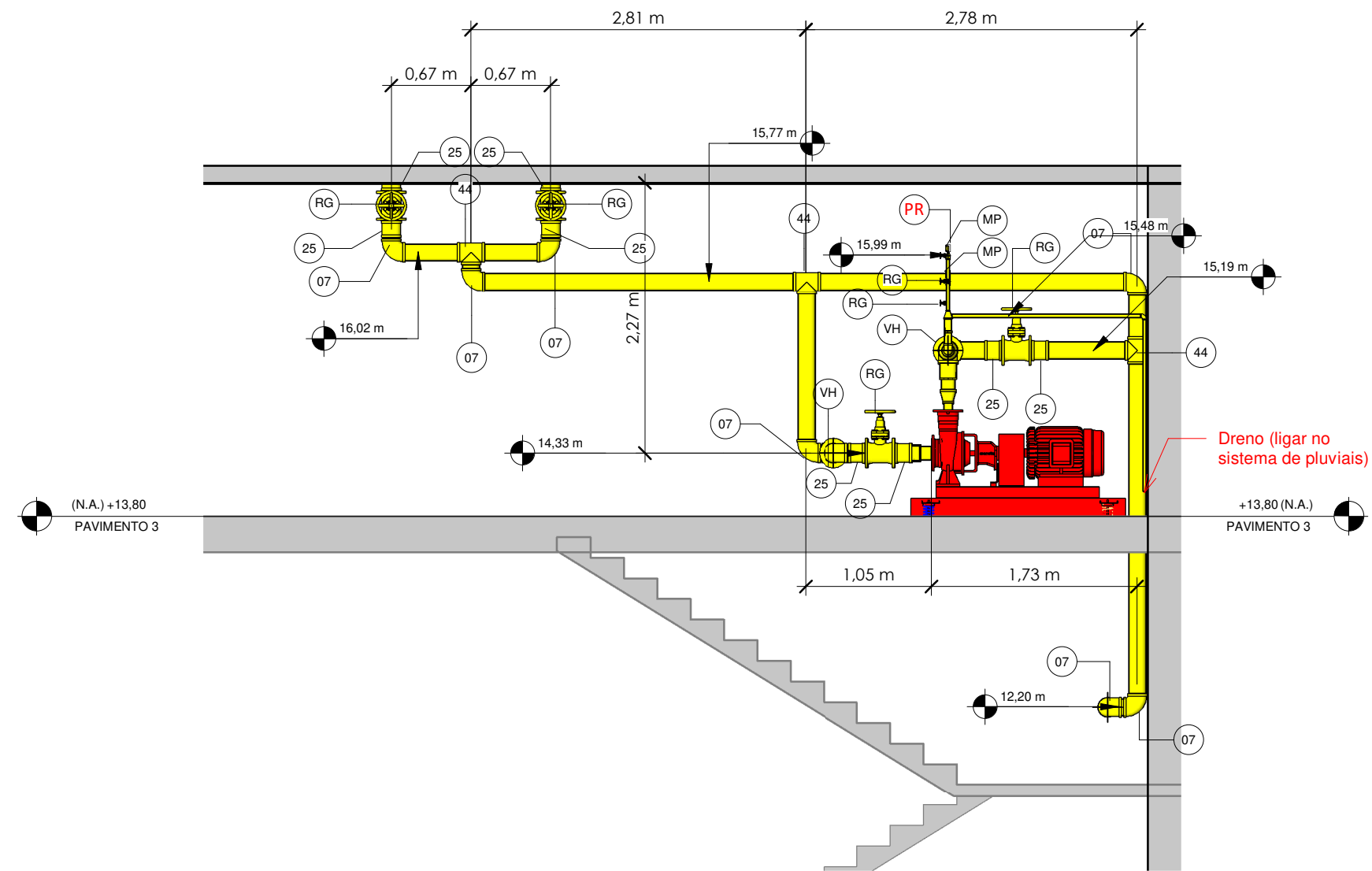
ANEXO 7

Planta baixa do projeto e detalhes – Rede malhada – Nível 03

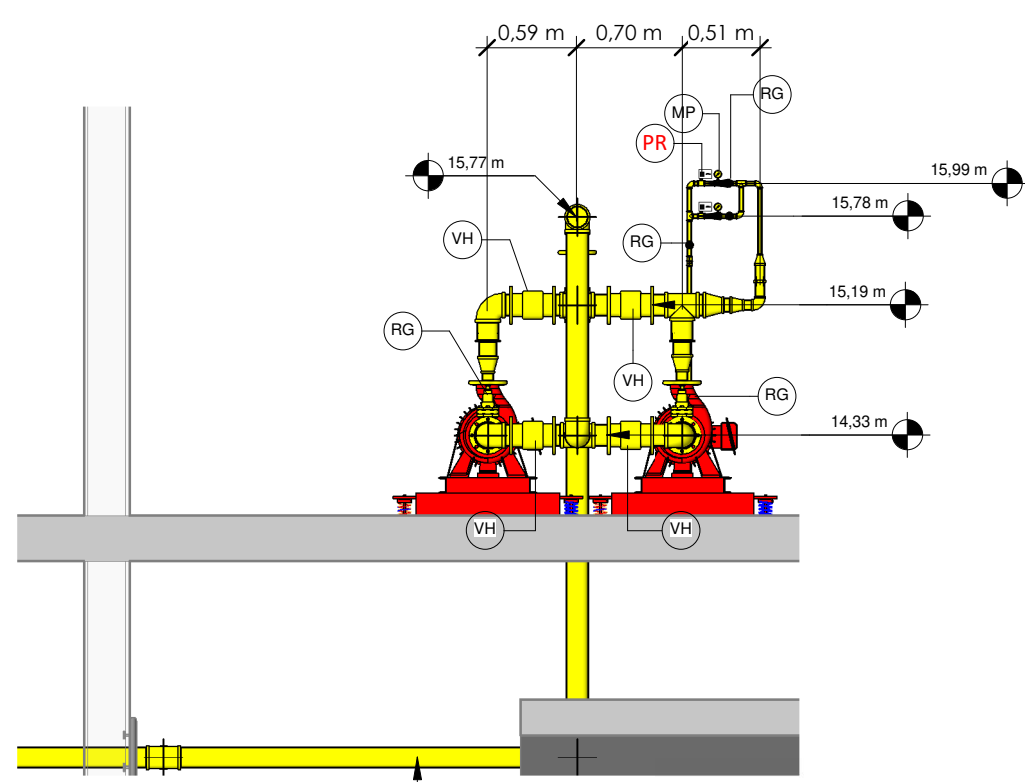
SISTEMA DE HIDRANTE E SPRINKLERS	
HIDRANTES SIMPLES	
HIDRANTES DUPLICOS	
HIDRANTE URBANO DE COLUNA	
REGISTRO DE PASSADIO	
BOMBA DE INCÊNDIO	
CARGA D'ÁGUA	
TUBULAÇÃO DE FERRO GALVANIZADO - NOVO	
TUBULAÇÃO DE FERRO GALVANIZADO - EXISTENTE	
BOÇOBRA BOMBA DE INCÊNDIO	
SPRINKLERS	
ÁREA PROTEGIDA POR CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	
VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME	



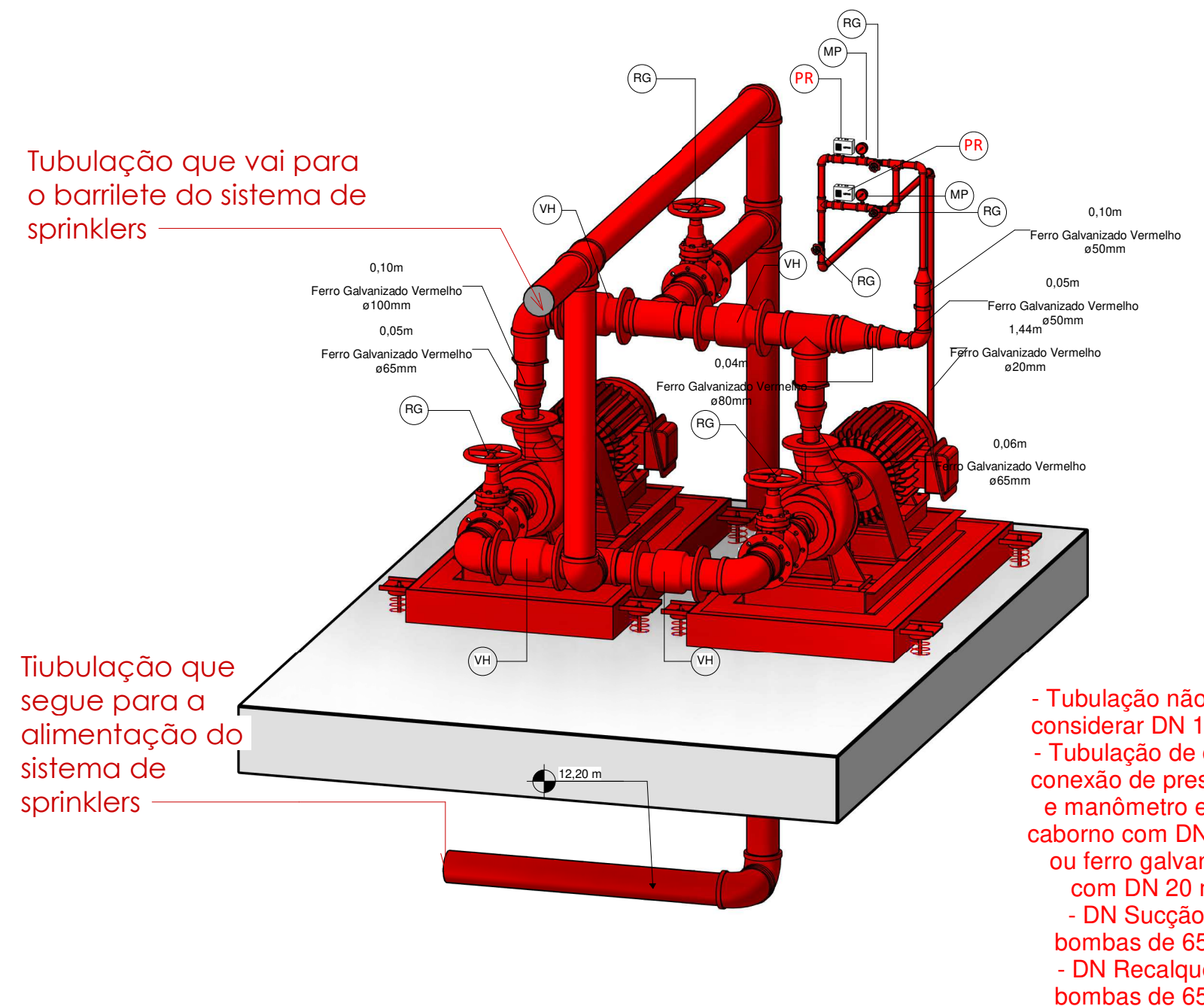
1 NÍVEL 03 - SPRINKLERS
1 : 125



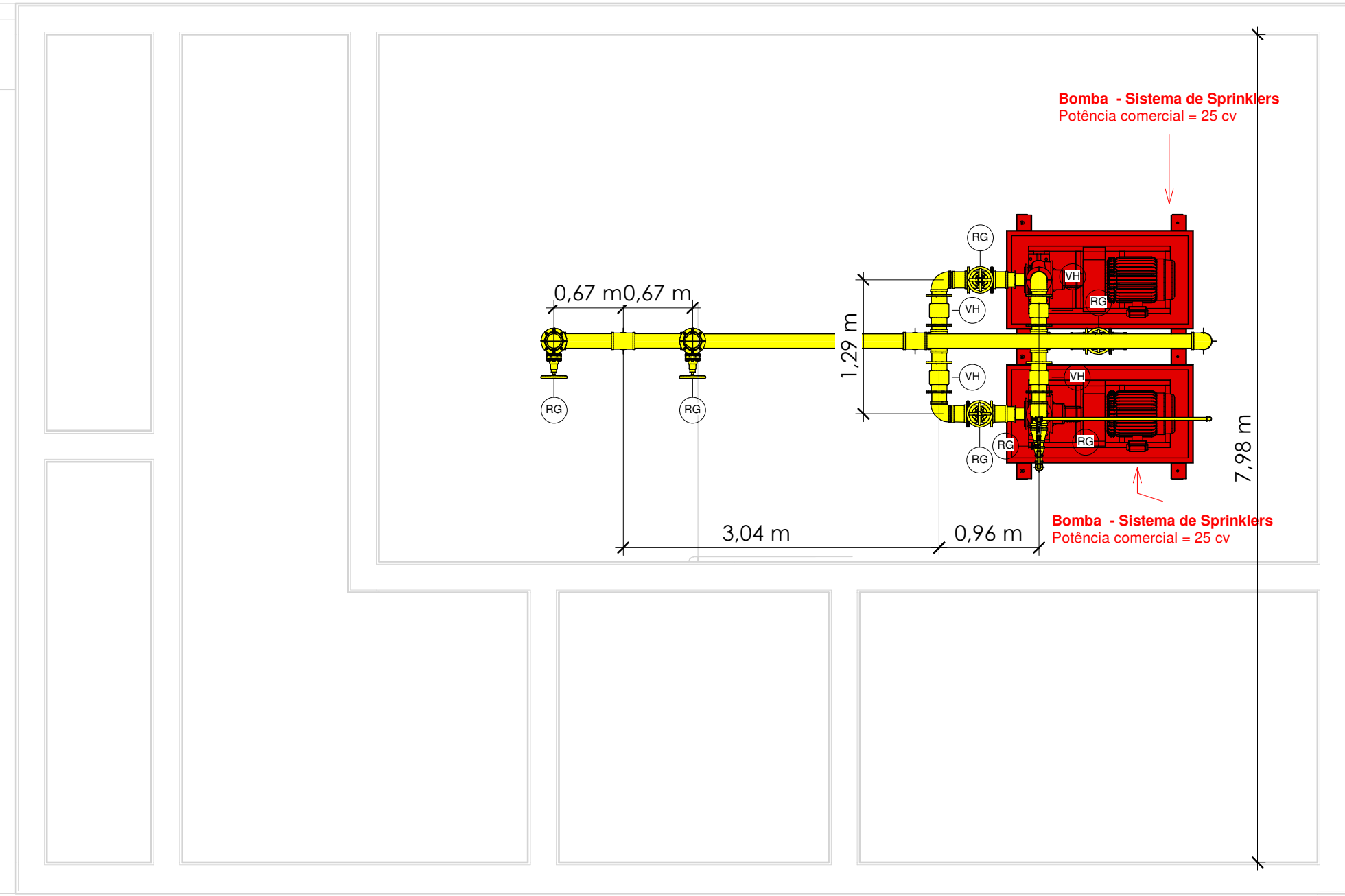
5 VISTA LATERAL - BOMBAS DO SIST. DE SPRINKLERS
1 : 50



4 VISTA FRONTAL - BOMBAS (SPRINKLERS)
1 : 50



2 BOMBAS - SIST. SPRINKLERS



3 BARRILETE/CASA DE BOMBAS
1 : 50

ANEXO 8

Planilha orçamentária – Rede aberta (ramificada)

Obra
Orçamento - Rede ramificada

Bancos
SBC - 02/2022 - Paraíba
SEINFRA - 027 - Ceará

B.D.I.
0,0%

Encargos Sociais
Não Desonerado: embutido nos preços unitário
dos insumos de mão de obra, de acordo com as
bases.

Planilha Orçamentária Sintética Com Valor do Material e da Mão de Obra

Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI			Total			Peso (%)
							M. O.	MAT.	Total	M. O.	MAT.	Total	
1			TUBULAÇÃO									190.829.72	70.21 %
1.1	055040	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 1/2"	M	13.57	31.65	5.37	26.28	31.65	72.87	356.62	429.49	0.16 %
1.2	055048	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 3/4"	M	4.33	33.58	6.47	27.11	33.58	28.01	117.39	145.40	0.05 %
1.3	055042	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 1.1/4"	M	271.5	59.96	11.10	48.86	59.96	3.013.65	13.265.49	16.279.14	5.99 %
1.4	055019	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 1.1/2"	M	260.42	98.90	28.64	70.26	98.90	7.458.42	18.297.11	25.755.53	9.48 %
1.5	055044	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 2"	M	592.46	95.73	13.88	81.85	95.73	8.223.34	48.492.85	56.716.19	20.87 %
1.6	055045	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 2.1/2"	M	1.92	126.46	15.27	111.19	126.46	29.31	213.49	242.80	0.09 %
1.7	055046	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 3"	M	11.69	154.45	18.02	136.43	154.45	210.65	1.594.87	1.805.52	0.66 %
1.8	055047	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 4"	M	293.18	216.03	20.74	195.29	216.03	6.080.55	57.255.12	63.335.67	23.30 %
1.9	C2560	SEINFRA	TUBO AÇO GALV. C/OU S/COSTURA D=25mm (1")	M	547.13	47.74	13.63	34.11	47.74	7.457.38	18.662.60	26.119.98	9.61 %
2			CONEXÕES DE TUBO									80.970.63	29.79 %
2.1	052365	SBC	BUJAO GALVANIZADO 1"	UN	64	10.29	2.71	7.58	10.29	173.44	485.12	658.56	0.24 %
2.2	070630	SBC	COTOVELO 90 GALVANIZADO 3/4"	UN	5	18.06	5.37	12.69	18.06	26.85	63.45	90.30	0.03 %
2.3	052261	SBC	COTOVELO 90 GALVANIZADO 1"	UN	5	23.17	5.67	17.50	23.17	28.35	87.50	115.85	0.04 %
2.4	056095	SBC	COTOVELO 90 FERRO GALVANIZADO 2.1/2"	UN	4	117.85	8.88	108.97	117.85	35.52	435.88	471.40	0.17 %
2.5	056096	SBC	COTOVELO 90 FERRO GALVANIZADO 3"	UN	20	157.07	9.92	147.15	157.07	198.40	2.943.00	3.141.40	1.16 %
2.6	052434	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 1.1/4"x3/4"	UN	1	29.76	5.79	23.97	29.76	5.79	23.97	29.76	0.01 %
2.7	056217	SBC	LUVA REDUCAO FERRO GALVANIZADO DIAM. 1.1/4"x1"	UN	64	29.74	5.89	23.85	29.74	376.96	1.526.40	1.903.36	0.70 %
2.8	056213	SBC	LUVA REDUCAO FERRO GALVANIZADO DIAM. 1.1/2"x1.1/4"	UN	64	36.41	6.85	29.56	36.41	438.40	1.891.84	2.330.24	0.86 %
2.9	052414	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 2"x1.1/4"	UN	1	56.37	7.21	49.16	56.37	7.21	49.16	56.37	0.02 %
2.10	052415	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 2"x1.1/2"	UN	64	57.21	7.87	49.34	57.21	503.68	3.157.76	3.661.44	1.35 %
2.11	052430	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 3"x2"	UN	9	122.08	9.05	113.03	122.08	81.45	1.017.27	1.098.72	0.40 %
2.12	052439	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 3"x2.1/2"	UN	2	122.56	9.43	113.13	122.56	18.86	226.26	245.12	0.09 %

2.13	052431	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 4""x2""	UN	56	184.43	9.63	174.80	184.43	539.28	9.788.80	10.328.08	3.80 %
2.14	052440	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 4""x2.1/2""	UN	2	184.81	9.92	174.89	184.81	19.84	349.78	369.62	0.14 %
2.15	052441	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 4""x3""	UN	7	185.55	10.50	175.05	185.55	73.50	1.225.35	1.298.85	0.48 %
2.16	052368	SBC	LUVA GALVANIZADA 4""	UN	4	177.77	10.23	167.54	177.77	40.92	670.16	711.08	0.26 %
2.17	055726	SBC	TE REDUCAO FERRO GALVANIZADO 3/4""x1/2""	UN	4	26.14	9.43	16.71	26.14	37.72	66.84	104.56	0.04 %
2.18	055717	SBC	TE 90 FERRO GALVANIZADO DIAM. 3/4""	UN	2	27.61	10.75	16.86	27.61	21.50	33.72	55.22	0.02 %
2.19	052318	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 1""x1/2""	UN	128	36.04	8.06	27.98	36.04	1.031.68	3.581.44	4.613.12	1.70 %
2.20	052312	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 1.1/4""x1/2""	UN	64	47.18	8.61	38.57	47.18	551.04	2.468.48	3.019.52	1.11 %
2.21	055722	SBC	TE REDUCAO FERRO GALVANIZADO 1.1/2""x3/4""	UN	64	71.07	16.16	54.91	71.07	1.034.24	3.514.24	4.548.48	1.67 %
2.22	052432	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 3/4""x1/2""	UN	232	16.24	5.12	11.12	16.24	1.187.84	2.579.84	3.767.68	1.39 %
2.23	052382	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 2""x3/4""	UN	168	90.92	6.88	84.04	90.92	1.155.84	14.118.72	15.274.56	5.62 %
2.24	055713	SBC	TE 90 FERRO GALVANIZADO DIAM. 3""	UN	4	189.24	14.81	174.43	189.24	59.24	697.72	756.96	0.28 %
2.25	055193	SBC	TE 90 FERRO GALVANIZADO DIAM. 4""	UN	67	333.14	10.75	322.39	333.14	720.25	21.600.13	22.320.38	8.21 %

Totais -> 40.941,98 230.858,37 271.800,35

Total sem BDI 271.800.35
Total do BDI 0.00
Total Geral 271.800.35

ANEXO 9

Planilha orçamentária – Rede aberta (malhada)

Obra Orçamento - Rede malhada			Bancos SBC - 02/2022 - Paraíba SEINFRA - 027 - Ceará			B.D.I. 0,0%			Encargos Sociais Não Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.				
Planilha Orçamentária Sintética Com Valor do Material e da Mão de Obra													
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI			Total			Peso (%)
							M. O.	MAT.	Total	M. O.	MAT.	Total	
1			TUBULAÇÃO									152.183.99	76.74 %
1.1	055040	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 1/2"	M	16.83	31.65	5.37	26.28	31.65	90.37	442.29	532.66	0.27 %
1.2	055048	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 3/4"	M	4.31	33.58	6.47	27.11	33.58	27.88	116.84	144.72	0.07 %
1.3	055042	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 1.1/4"	M	180.02	59.96	11.10	48.86	59.96	1.998.22	8.795.77	10.793.99	5.44 %
1.4	055019	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 1.1/2"	M	7.83	98.90	28.64	70.26	98.90	224.25	550.13	774.38	0.39 %
1.5	055044	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 2"	M	62.16	95.73	13.88	81.85	95.73	862.78	5.087.79	5.950.57	3.00 %
1.6	055045	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 2.1/2"	M	7.63	126.46	15.27	111.19	126.46	116.51	848.37	964.88	0.49 %
1.7	055046	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 3"	M	140.24	154.45	18.02	136.43	154.45	2.527.12	19.132.94	21.660.06	10.92 %
1.8	055047	SBC	TUBO FERRO GALVANIZADO 4"	M	135.76	216.03	20.74	195.29	216.03	2.815.66	26.512.57	29.328.23	14.79 %
1.9	C2560	SEINFRA	TUBO AÇO GALV. C/OU S/COSTURA D=25mm (1")	M	1718.4	47.74	13.63	34.11	47.74	23.421.24	58.613.26	82.034.50	41.37 %
2			CONEXÕES DE TUBO									46.129.25	23.26 %
2.1	052342	SBC	BUCHA REDUCAO GALVANIZADA 1"x1/2"	UN	22	16.92	5.23	11.69	16.92	115.06	257.18	372.24	0.19 %
2.2	070630	SBC	COTOVELO 90 GALVANIZADO 3/4"	UN	5	18.06	5.37	12.69	18.06	26.85	63.45	90.30	0.05 %
2.3	052261	SBC	COTOVELO 90 GALVANIZADO 1"	UN	4	23.17	5.67	17.50	23.17	22.68	70.00	92.68	0.05 %
2.4	052262	SBC	COTOVELO 90 GALVANIZADO 1.1/4"	UN	2	33.11	6.20	26.91	33.11	12.40	53.82	66.22	0.03 %
2.5	052264	SBC	COTOVELO 90 GALVANIZADO 2"	UN	3	66.37	8.20	58.17	66.37	24.60	174.51	199.11	0.10 %

2.6	052267	SBC	COTOVELO 90 GALVANIZADO 4"	UN	20	273.65	11.05	262.60	273.65	221.00	5.252.00	5.473.00	2.76 %
2.7	056217	SBC	LUVA REDUCAO FERRO GALVANIZADO DIAM. 1.1/4"x1"	UN	16	29.74	5.89	23.85	29.74	94.24	381.60	475.84	0.24 %
2.8	052436	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 1.1/2"x1"	UN	2	36.15	6.61	29.54	36.15	13.22	59.08	72.30	0.04 %
2.9	056213	SBC	LUVA REDUCAO FERRO GALVANIZADO DIAM. 1.1/2"x1.1/4"	UN	6	36.41	6.85	29.56	36.41	41.10	177.36	218.46	0.11 %
2.10	052417	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 2"x1"	UN	1	55.99	6.90	49.09	55.99	6.90	49.09	55.99	0.03 %
2.11	056218	SBC	LUVA REDUCAO FERRO GALVANIZADO DIAM. 1"x3/4"	UN	1	22.82	6.44	16.38	22.82	6.44	16.38	22.82	0.01 %
2.12	052414	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 2"x1.1/4"	UN	6	56.37	7.21	49.16	56.37	43.26	294.96	338.22	0.17 %
2.13	052415	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 2"x1.1/2"	UN	2	57.21	7.87	49.34	57.21	15.74	98.68	114.42	0.06 %
2.14	052418	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 2.1/2"x2"	UN	2	86.28	8.56	77.72	86.28	17.12	155.44	172.56	0.09 %
2.15	052438	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 3"x1.1/2"	UN	2	121.66	8.72	112.94	121.66	17.44	225.88	243.32	0.12 %
2.16	052430	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 3"x2"	UN	5	122.08	9.05	113.03	122.08	45.25	565.15	610.40	0.31 %
2.17	052439	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 3"x2.1/2"	UN	4	122.56	9.43	113.13	122.56	37.72	452.52	490.24	0.25 %
2.18	052440	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 4"x2.1/2"	UN	2	184.81	9.92	174.89	184.81	19.84	349.78	369.62	0.19 %
2.19	052441	SBC	LUVA REDUCAO GALVANIZADO 4"x3"	UN	5	185.55	10.50	175.05	185.55	52.50	875.25	927.75	0.47 %
2.20	052368	SBC	LUVA GALVANIZADA 4"	UN	4	177.77	10.23	167.54	177.77	40.92	670.16	711.08	0.36 %
2.21	052298	SBC	NIPLE DUPLO GALVANIZADO 2"	UN	1	53.70	7.51	46.19	53.70	7.51	46.19	53.70	0.03 %
2.22	055726	SBC	TE REDUCAO FERRO GALVANIZADO 3/4"x1/2"	UN	4	26.14	9.43	16.71	26.14	37.72	66.84	104.56	0.05 %
2.23	055717	SBC	TE 90 FERRO GALVANIZADO DIAM. 3/4"	UN	2	27.61	10.75	16.86	27.61	21.50	33.72	55.22	0.03 %
2.24	052318	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 1"x1/2"	UN	402	36.04	8.06	27.98	36.04	3.240.12	11.247.96	14.488.08	7.31 %
2.25	055716	SBC	TE 90 FERRO GALVANIZADO DIAM. 1"	UN	34	39.53	13.05	26.48	39.53	443.70	900.32	1.344.02	0.68 %

2.26	052316	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 1.1/4"x1"	UN	24	47.67	9.00	38.67	47.67	216.00	928.08	1.144.08	0.58 %
2.27	052312	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 1.1/4"x1/2"	UN	24	47.18	8.61	38.57	47.18	206.64	925.68	1.132.32	0.57 %
2.28	055712	SBC	TE 90 FERRO GALVANIZADO DIAM. 1.1/4"	UN	12	48.04	9.29	38.75	48.04	111.48	465.00	576.48	0.29 %
2.29	052314	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 1.1/2"x1"	UN	2	64.43	10.37	54.06	64.43	20.74	108.12	128.86	0.06 %
2.30	052311	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 2"x1"	UN	12	96.27	11.08	85.19	96.27	132.96	1.022.28	1.155.24	0.58 %
2.31	052310	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 2"x1.1/4"	UN	4	96.55	11.30	85.25	96.55	45.20	341.00	386.20	0.19 %
2.32	052307	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 2.1/2"x1.1/2"	UN	2	145.38	12.67	132.71	145.38	25.34	265.42	290.76	0.15 %
2.33	055714	SBC	TE 90 FERRO GALVANIZADO DIAM. 2"	UN	2	96.93	12.35	84.58	96.93	24.70	169.16	193.86	0.10 %
2.34	052380	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 2.1/2"x1"	UN	2	138.32	7.12	131.20	138.32	14.24	262.40	276.64	0.14 %
2.35	055653	SBC	TE REDUCAO FERRO GALVANIZADO 3"x1"	UN	46	215.12	21.54	193.58	215.12	990.84	8.904.68	9.895.52	4.99 %
2.36	052304	SBC	TE REDUCAO GALVANIZADO 3"x1.1/2"	UN	2	205.20	13.75	191.45	205.20	27.50	382.90	410.40	0.21 %
2.37	055713	SBC	TE 90 FERRO GALVANIZADO DIAM. 3"	UN	2	189.24	14.81	174.43	189.24	29.62	348.86	378.48	0.19 %
2.38	055193	SBC	TE 90 FERRO GALVANIZADO DIAM. 4"	UN	9	333.14	10.75	322.39	333.14	96.75	2.901.51	2.998.26	1.51 %
Totais ->										38.650,87	159.662,37	198.313,24	100.00%

Total sem BDI	198.313.24
Total do BDI	0.00
Total Geral	198.313.24