

UFSM

Monografia de Especialização

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS
HIDRÁULICOS DE
COMBATE A INCÊNDIO .**

Sabrina Crivellaro Becker

CEEST

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS
HIDRÁULICOS DE
COMBATE A INCÊNDIO**

por

Sabrina Crivellaro Becker

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.**

CEEST

Santa Maria, RS, Brasil

2005

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Monografia de Especialização

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS DE
COMBATE A INCÊNDIO**

elaborada por
Sabrina Crivellaro Becker

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Hélio João Belinazo – Mestre
(Presidente/Orientador)

Prof^a. Janis Elisa Ruppenthal – Doutora

Eng^a. Luziany Colusso Barnewitz – Mestre

Santa Maria, 07 de janeiro de 2005

AGRADECIMENTOS

É de fundamental importância destacar as pessoas que sempre me incentivaram e apoiaram para esta conquista, meus pais, João Antonio Lena Becker e Jane Cecília Crivellaro Becker.

Agradeço ao meu namorado, Eng. Roger Farias Martin, pelo incentivo constante, me fazendo acreditar que, quando a gente quer fazer algo, por mais difícil que seja, não podemos e nem devemos nos entregar nunca.

Gostaria de agradecer imensamente ao Prof. Eng. Hélio João Belinazo, pela sua importante orientação e supervisão neste trabalho, oportunizando-me uma grande troca de informações e aprendizado.

Agradeço a todos os professores do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, os quais considero mais do que professores, mas sim grandes amigos.

Agradeço aos meus colegas, a todos aqueles que conheci durante o curso, por terem sido verdadeiros amigos que conquistei ao longo do tempo.

Finalmente, agradeço a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para que este objetivo se concretizasse.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivos gerais.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.1.3 Delimitação da pesquisa.....	3
1.1.4 Justificativa.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Noções básicas sobre fogo.....	4
2.1.1 O fogo.....	4
2.1.2 Definição de fogo.....	5
2.2 Noções básicas sobre incêndio.....	7
2.2.1 Métodos de propagação dos incêndios.....	7
2.2.1.1 Condução.....	7
2.2.1.2 Irradiação.....	8
2.2.1.3 Convecção.....	8
2.2.2 Métodos de proteção contra incêndios.....	8
2.2.2.1 Proteção passiva.....	9
2.2.2.2 Proteção ativa.....	9
2.2.3 Métodos de extinção de incêndios.....	9
2.2.3.1 Diluição ou remoção do suprimento de combustível.....	10
2.2.3.2 Ação de abafamento.....	10
2.2.3.3 Ação de resfriamento.....	11
2.2.3.4 Ação sobre a reação em cadeia da combustão.....	11

2.2.4 Agentes extintores.....	11
2.2.4.1 Agentes extintores de ação física.....	12
2.2.4.2 Agentes extintores de ação química.....	13
2.2.5 Classes de incêndio quanto a natureza do material combustível e meio de extinção	15
2.2.6 Classes de incêndio quanto ao risco.....	16
2.3 Instalações hidráulicas de combate a incêndio.....	17
2.3.1 Sistemas de hidrantes e mangotinhos.....	17
2.3.1.1 Tipos de sistemas sob comando	18
2.3.1.2 Classificação das edificações de acordo com a sua ocupação...	20
2.3.1.3 Classificação dos tipos de sistemas de hidrantes e mangotinhos.....	21
2.3.1.4 Elementos constituintes dos sistemas de hidrantes e mangotinhos.....	23
2.3.1.5 Parâmetros relativos ao projeto de sistemas de hidrante e mangotinhos.....	31
2.3.1.6 Dimensionamento dos sistemas de hidrantes e mangotinhos....	36
2.3.2 Sistema de chuveiros automáticos.....	36
2.3.2.1 Classificação dos Sistemas de Chuveiros Automáticos.....	37
2.3.2.2 Classificação dos riscos das ocupações.....	41
2.3.2.3 Elementos constituintes do sistema de chuveiros automáticos.	43
2.3.2.4 Parâmetros relativos ao projeto de sistemas de chuveiros automáticos.....	55
2.3.2.5 Dimensionamento dos sistemas de chuveiros automáticos.....	56
3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	57
3.1 Metodologia.....	57

3.1.1 Sistema de hidrantes e mangotinhos.....	57
3.1.1.1 Roteiro de dimensionamento pelo cálculo hidráulico através do aplicativo Hidro (Belinazo, 1988).....	57
3.1.2 Sistemas de chuveiros automáticos.....	57
3.1.2.1 Roteiro de dimensionamento pelo uso de tabelas Normalizadas.....	57
3.1.2.2 Roteiro de dimensionamento por cálculo hidráulico através do equacionamento proposto (Brentano, 2004).....	58
3.2 Desenvolvimento da teoria.....	59
3.2.1 Sistemas de hidrantes e mangotinhos.....	59
3.2.1.1 Objetivos.....	59
3.2.1.2 Considerações gerais.....	59
3.2.1.3 Critérios de dimensionamento.....	60
3.2.1.4 Equacionamento do aplicativo Hidro.....	61
3.2.1.5 Utilização do aplicativo Hidro.....	62
3.2.1.6 Funcionamento do aplicativo Hidro.....	62
3.2.2 Chuveiros Automáticos.....	64
3.2.2.1 Dimensionamento pelo uso de tabelas Normalizadas.....	64
3.2.2.1.1 Especificação da norma a ser adotada.....	65
3.2.2.1.2 Identificação da edificação quanto à classe de risco de ocupação.....	65
3.2.2.1.3 Determinação da área de proteção dos chuveiros automáticos.....	65
3.2.2.1.4 Determinação da área máxima de cobertura por chuveiro automático.....	66
3.2.2.1.5 Determinação dos espaçamentos entre os chuveiros.....	67

3.2.2.1.6	Determinação do espaçamento entre os chuveiros no projeto	69
3.2.2.1.7	Determinação da área de cobertura por chuveiro no projeto..	70
3.2.2.1.8	Determinação do número máximo de chuveiros nos ramais e sub-ramais.....	70
3.2.2.1.9	Determinação do “layout” da instalação de chuveiros.....	77
3.2.2.1.10	Determinação da vazão mínima do sistema.....	78
3.2.2.1.11	Determinação da pressão mínima requerida.....	78
3.2.2.1.12	Determinação da capacidade mínima do reservatório.....	79
3.2.2.1.13	Determinação das características do grupo moto-bomba.....	79
3.2.2.2	Dimensionamento pelo cálculo hidráulico.....	80
3.2.2.2.1	Especificação da norma a ser adotada.....	80
3.2.2.2.2	Identificação da edificação quanto à classe de risco de ocupação.....	80
3.2.2.2.3	Determinação da área de aplicação dos chuveiros automáticos.....	81
3.2.2.2.4	Determinação da área máxima de cobertura por chuveiro automático.....	81
3.2.2.2.5	Determinação dos espaçamentos entre os chuveiros.....	83
3.2.2.2.6	Determinação do espaçamento entre os chuveiros no projeto	84
3.2.2.2.7	Determinação da área de cobertura por chuveiro no projeto..	85
3.2.2.2.8	Determinação da área de aplicação (operação).....	85
3.2.2.2.9	Determinação da densidade.....	87
3.2.2.2.10	Determinação do número de chuveiros dentro da área de aplicação.....	88
3.2.2.2.11	Determinação do lado maior da área de aplicação.....	89
3.2.2.2.12	Determinação do número de chuveiros do sub-ramal do	

lado maior da área de aplicação.....	89
3.2.2.2.13 Determinação da vazão e da pressão no chuveiro mais desfavorável hidraulicamente.....	89
3.2.2.2.14 Determinação da vazão e da pressão no segundo chuveiro mais desfavorável hidraulicamente.....	91
3.2.2.2.15 Determinação da vazão e da pressão dos chuveiros subsequentes.....	93
3.2.2.2.16 Determinação da perda de carga no ramal (trecho do ponto C até a válvula de governo e alarme).....	94
3.2.2.2.17 Determinação da pressão requerida na válvula de governo e alarme.....	94
3.2.2.2.18 Determinação da perda de carga na tubulação de recalque..	95
3.2.1.2.19 Determinação da perda de carga na tubulação de sucção.....	95
3.2.2.2.20 Determinação da pressão requerida na bomba.....	95
3.2.2.2.21 Determinação da capacidade da bomba.....	96
3.2.2.2.22 Determinação da capacidade do reservatório.....	96
4 RESULTADOS.....	97
4.1 Exemplo do aplicativo exposto para sistema sob comando por hidrantes.....	97
4.2 Exemplo de dimensionamento de chuveiro automático através do cálculo hidráulico.....	105
5 CONCLUSÕES.....	116
BIBLIOGRAFIA.....	118
ANEXOS.....	121

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação dos riscos a partir das classes de ocupações do I.R.B.....	17
TABELA 2 – Tipos de sistemas de hidrantes e mangotinhos	21
TABELA 3 – Componentes para cada hidrante simples ou mangotinho	22
TABELA 4 – Coloração do líquido da ampola para a faixa de temperatura de operação que varia de 57°C a 260°C.....	50
TABELA 5 – Coloração do elemento sensível tipo solda para a faixa de temperatura de operação que varia de 57°C a 343°C.....	51
TABELA 6 – Espaçamentos máximos entre chuveiros pendentes ou em pé, segundo a NBR 10897/90.....	67
TABELA 7 – Espaçamentos máximos entre chuveiros laterais, segundo a NBR 10897/90.....	68
TABELA 8 – Áreas máximas, segundo a NBR 10897/90	71
TABELA 9 – Número máximo de chuveiros instalados acima e abaixo de tetos ou forros falsos, que cada diâmetro de segmento de ramal e sub-ramal de tubulação pode atender.....	72
TABELA 10 – Número máximo de chuveiros, todos abaixo ou todos acima do teto ou forro falso, que cada diâmetro de segmento de ramal e sub-ramal de tubulação pode atender.....	73
TABELA 11 – Número máximo de chuveiros que cada diâmetro de segmento de ramal ou sub-ramal pode atender, quando instalados todos abaixo ou todos acima do teto ou forro falso, para espaçamentos	

menores ou iguais a 3,70m.....	74
TABELA 12 – Número máximo de chuveiros que cada diâmetro de segmento de ramal ou sub-ramal pode atender, quando instalados todos abaixo ou todos acima do teto ou forro falso, para espaçamentos maiores que 3,70m.....	75
TABELA 13 – Número máximo de chuveiros instalados acima e abaixo de tetos ou forros falsos, que cada diâmetro de segmento de ramal e sub-ramal de tubulação pode atender.....	76
TABELA 14 – Número máximo de chuveiros instalados acima e abaixo de tetos ou forros falsos, que cada diâmetro de segmento de ramal e sub-ramal de tubulação pode atender.....	77
TABELA 15 – Vazões, tempos de operação e pressões mínimas para o dimensionamento por tabelas, segundo a NBR 10897/90.....	78
TABELA 16 – Espaçamentos máximos entre chuveiros pendentes ou em pé, segundo a NBR 10897/90.....	83
TABELA 17 – Espaçamentos máximos entre chuveiros laterais, segundo a NBR 10897/90.....	83
TABELA 18 – Fator “K” em função do diâmetro nominal do chuveiro, segundo a NBR 10897/90.....	91
TABELA 19 – Coeficiente de Atrito de Hazen-Williams para água potável, segundo a NBR 10897/90.....	93
TABELA 20 – Dados do exemplo de edificação utilizada no dimensionamento da rede de hidrantes.....	99
TABELA 21 – Planilha do Programador.....	100
TABELA 22 – Tabela de cálculo para obtenção altura do reservatório.	102
TABELA 23 – Tabela de cálculo para obtenção altura do reservatório.	102

TABELA 24 – Planilha completa obtida do aplicativo, com as vazões e pressões de todos os trechos.....	103
TABELA 25 – Planilha com os parâmetros finais de projeto.....	105

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Triângulo do fogo.....	6
FIGURA 2 – Quadrilátero do fogo.....	7
FIGURA 3 – Exemplo de um sistema do tipo 1 – mangotinho com ponto de tomada de água para mangueira de 40mm.....	19
FIGURA 4 – Exemplo de corte de abrigos de incêndio com um e duas saídas de água.....	20
FIGURA 5 – Exemplo de bomba para incêndio com motor alimentado pela rede de energia e gerador acionado por motor de combustão interna.....	25
FIGURA 6 – Exemplo de dispositivo de recalque instalado no passeio.....	26
FIGURA 7 – Exemplo de dispositivo de recalque instalado na parede.	27
FIGURA 8 – Esquema vertical do sistema de hidrantes com abastecimento por gravidade.....	33
FIGURA 9 – Esquema vertical do sistema de hidrantes com abastecimento por gravidade, com uma bomba de reforço instalada na cobertura.....	34
FIGURA 10 – Esquema vertical do sistema de hidrantes com abastecimento por bombeamento.....	35
FIGURA 11 – Sistema de acionamento de sistema de chuveiros automáticos de tubo molhado.....	39
FIGURA 12 – Instalação esquemática de um sistema de chuveiros automáticos em uma edificação.....	43

FIGURA 13 – Exemplos de chuveiros automáticos com elementos termossensíveis de ampola de vidro e de fusível.....	52
FIGURA 14 – Forma de aspersão de água nos chuveiros automáticos tipo “modelo antigo”.....	52
FIGURA 15 – Forma de aspersão de água nos chuveiros automáticos tipo padrão.....	52
FIGURA 16 – Forma de aspersão de água nos chuveiros automáticos tipo lateral na posição horizontal.....	53
FIGURA 17 – Exemplo de chuveiro automático pendente aparente e embutido no teto.....	54
FIGURA 18 – Exemplo de chuveiro automático lateral para a proteção específica de janelas e vitrines.....	55
FIGURA 19 – Curvas Densidade/Área de aplicação em função da classe de risco.....	87
FIGURA 20 – Exemplo de instalação de sistema de chuveiro automático com a área de aplicação assinalada.....	90
FIGURA 21 – Esquema vertical de uma edificação utilizada como exemplo para o dimensionamento do sistema de hidrantes.....	98
FIGURA 22 – Esquema vertical e planta do pavimento da edificação utilizada como exemplo no dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos.....	106
FIGURA 23 – Detalhe no pavimento, da área de aplicação, com os chuveiros numerados.	108

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Tabelas utilizadas no Aplicativo Hidro – Vazões, Velocidade e alcance do Jato em Função da Pressão	122
ANEXO B – Disposições de Redes Hidráulicas de Chuveiros Automáticos de Distribuição Aberta.....	123

RESUMO

Monografia de Especialização
Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS DE COMBATE A INCÊNDIO

AUTOR: SABRINA CRIVELLARO BECKER

ORIENTADOR: PROF. MSC. HÉLIO JOÃO BELINAZO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 07 de janeiro de 2005.

A elaboração de um projeto de prevenção contra incêndio, que atenda as normas de segurança, sendo eficaz e econômico, é o objetivo principal que um profissional habilitado deve ter no momento de projetar uma instalação de combate a incêndio. Em virtude da escassa bibliografia disponível atualmente sobre o assunto, o presente trabalho tem como objetivo propor uma seqüência de procedimentos que possam servir de referência no desenvolvimento de projetos de sistemas hidráulicos de combate a incêndio através de hidrantes, mangotinhos e chuveiros automáticos. No capítulo 2, é feita uma compilação da bibliografia encontrada, através de livros, trabalhos publicados, periódicos, normas e legislação vigente, para que o projetista obtenha subsídios para o desenvolvimento de um projeto de sistemas hidráulicos de combate ao incêndio. No capítulo 3, tendo como referência a NBR 13.714 e a NBR 10.897, apresenta-se, através da metodologia, uma proposta de seqüência de procedimentos para a elaboração dos projetos. No capítulo 4, são desenvolvidos exemplos com resultados, a partir da seqüência apresentada no capítulo anterior. No capítulo 5, são apresentadas as conclusões, tendo em vista os resultados obtidos com a limitação da literatura, a adequação da legislação vigente e os métodos de cálculo hidráulico para o dimensionamento das tubulações dos Sistemas de Combate a Incêndio.

ABSTRACT

Monografia de Especialização
Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DIMENSIONING OF HIDRAULIC SYSTEM TO COMBAT FIRE

AUTHOR: SABRINA CRIVELLARO BECKER

ADVISER: PROF. MSC. HÉLIO JOÃO BELINAZO

Santa Maria, January 07th, 2005.

A project drawing up on fire prevention, which deals with the security norms, being efficient and economical is the main goal that a professional, when setting up a fire prevention system. Due to the lack of literature on such subject, this work aims at proposing a sequence of procedures which might serve of some reference on developing hydraulic fire prevention systems through hydrants, hosepipes and automatic sprinklers use. On chapter 2, a compilation of books, articles, norms and current legislation is carried out in order to help the designer to gather all the necessary information to develop hydraulic fire prevention system. On chapter 3 by using NBR 13.714 and NBR 10.897 as references, a sequence of procedures is proposed, through the methodology, on project drawing up. On chapter 4 examples and results are developed, from the sequence presented in the previous chapter. On chapter 5 the conclusions are presented from the results obtained by the limitation of the available literature, the adequacy of the current legislation and the methods for hydraulic calculation for dimensioning of Fire Fighting System pipes.

1 INTRODUÇÃO

O fogo que inicialmente, por falta de controle, intimidou o homem, mais tarde tornou-se um elemento essencial ao desenvolvimento tecnológico. Pode-se afirmar que a humanidade deu seus primeiros passos em direção às grandes conquistas tecnológicas a partir do momento que dominou o fogo. Controlado, o fogo tornou-se uma ferramenta poderosa e passou a ser utilizado em diversas atividades da vida humana. Atualmente, passados alguns milhares de anos, o fogo continua fazendo parte do cotidiano de todos nós e, de tempos em tempos, normalmente por descuido nosso, age com sua natureza selvagem e destruidora, consumindo em poucas horas patrimônios construídos durante uma vida inteira.

No Brasil, antes da década de 70, a legislação que tratava do assunto era um tanto modesta e não havia uma maior preocupação de se elaborar uma legislação preventiva adequada e nem de incluir nos currículos dos diversos cursos afins tópicos relativos às Instalações Prediais de Combate a Incêndio e de segurança na evacuação dos prédios por ocasião de ocorrência de incêndios.

Infelizmente, o início da preocupação com relação à segurança nas edificações em geral deu-se após grandes incêndios em prédios ocorridos na década de 70, como o das Lojas Americanas (1973) e das Lojas Renner (1976) em Porto Alegre e dos Edifícios Andraus (1972) e Joelma (1974) em São Paulo, que causaram inúmeras perdas de vidas humanas, patrimônios e materiais, entre outros.

Percebe-se então que o estudo mais avançado das Normas Brasileiras sobre prevenção e proteção contra incêndios ocorreu recentemente, mesmo assim, algumas possuem ambigüidades, outras ainda exigem maior aperfeiçoamento para atingirem o objetivo que se faz necessário no presente.

Atrelado a isto, possuímos pouca bibliografia sobre o assunto, especificamente sobre sistemas hidráulicos de combate a incêndio, dificultando a execução de projetos na área.

Este trabalho propõe-se dar aos profissionais mais uma ferramenta para a elaboração de projetos, através de uma seqüência de procedimentos para o desenvolvimento de projetos hidráulicos de combate a incêndio.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos gerais

Facilitar o dimensionamento das tubulações de Projetos de Sistemas Hidráulicos de Combate a Incêndio.

1.1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver uma seqüência de procedimentos para o cálculo hidráulico que possam servir de referência no dimensionamento de projetos com sistemas hidráulicos de combate a incêndio através de hidrantes, mangotinhos e chuveiros automáticos.
- Apresentar um exemplo de aplicação do cálculo hidráulico para rede de hidrantes através do programa Hidro.

1.1.3 Delimitação da pesquisa

A delimitação da presente pesquisa será feita tendo como base os regulamentos e Leis do Estado do Rio Grande do Sul e da Cidade de Santa Maria, das Normas Técnicas Brasileiras e da bibliografia disponível.

1.1.4 Justificativa

A justificativa desta monografia tem como base, tornar-se uma ferramenta de auxílio para os profissionais do ramo, na elaboração de projetos de sistemas hidráulicos de combate a incêndio, facilitando a interpretação da bibliografia disponível nesta área.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Noções básicas sobre fogo

2.1.1 O fogo

Observa-se que desde os primórdios da humanidade, o fogo desempenha uma função importante para o homem, ora destruindo ora auxiliando.

Desde que o homem aprendeu a manejar o fogo, conseguindo produzi-lo permanentemente, trouxe para junto de si um servo que o ajudaria em quase todos os misteres e se transformaria em uma das vigas mestras da civilização, mas que também, de quando em quando, se rebelaria, rompendo as peias com que é contido e se transformando em cruel e terrível agente de destruição (Silveira, 1976, p. 13).

Porém, sem o fogo não teria sido possível evoluir, desenvolver novas tecnologias. Seu uso se faz presente em todos os setores de atividades humanas, desde o trabalho, pesquisas científicas até o lazer.

Atualmente sabemos que o fogo não se trata mais de uma força divina, como pensavam os homens primitivos e nem de um elemento básico e indivisível, mas sim, de um fenômeno químico denominado *queima* ou *combustão*.

Segundo Hanssen (1993), num sinistro, além das perdas diretas, representadas pela perda de patrimônio e eventualmente de vidas, que

geralmente são avaliadas monetariamente, há outras perdas, ditas indiretas, tão ou mais importantes, como por exemplo:

- Ferimentos, deformações e distúrbios emocionais;
- Perdas para a comunidade, diminuição da produção, redução no mercado de negócios, empregos e impostos;
- Danos pela água de extinção, demolições, ação de fumaça e calor;
- Deficiência nos valores segurados e indenizações insuficientes;
- Lucros cessantes, perdas de mercado e de campanhas publicitárias;
- Custos de reconstrução, busca de capital e créditos, aluguel de locais provisórios, compra apressada de equipamentos.

Logo, para prevenir que os incêndios ocorram, estuda-se a proteção contra incêndio, que envolve prevenção, combate e salvamento.

2.1.2 Definição de fogo

O fogo é uma reação química chamada de combustão, onde os materiais combustíveis (na forma sólida, líquida ou gasosa) combinam-se com o comburente (geralmente oxigênio) e ativados por um aumento de temperatura através de uma fonte de calor, dão início a uma reação química produzindo desprendimento de luz e calor.

A oxidação ou combustão é um processo dinâmico, de reação contínua. Sistemas insaturados e desbalanceados contendo energia, procuram o equilíbrio natural através de reagentes, até chegarem a um nível mais baixo e menos ativo de energia. Durante este procedimento, liberam energia calorífica por meio do fogo e chamas. Os processos são iniciados por meio de uma fonte

externa (calor), que dá início à reação, após o que a propagação (chamas) continua, enquanto houver suprimento de energia (combustível) e um reagente (oxigênio) para a consumação e alcance de uma forma mais estável e de mais baixo nível energético (cinzas) (Silveira, 1976, p. 96).

Para que uma reação de combustão ocorra, é preciso a concorrência simultânea de três elementos básicos: *combustível* e *comburente* (oxigênio) em proporções adequadas e uma certa quantidade de *energia*. A maneira mais usual de se fornecer essa energia é na forma de calor.

Esta combinação desencadeará o processo de queima formando o conhecido *Triângulo do Fogo* (Figura 1).



FONTE: BRENTANO, 2004.

FIGURA 1 – Triângulo do fogo.

Visto que as características de uma reação de combustão são exotérmicas – liberam na forma de calor energia química retirada das moléculas - e estas reações serem auto-suficientes, pois uma parte do calor é utilizada para manter e propagar a reação, inclui-se um quarto elemento no triângulo do fogo, que é responsável pela sua manutenção e propagação, a reação em cadeia, formando assim, o *Tetraedro ou Quadrado do Fogo* (Figura 2).



FONTE: BRENTANO, 2004.

FIGURA 2 – Quadrilátero do fogo.

2.2 Noções básicas sobre incêndio

2.2.1 Métodos de propagação dos incêndios

Conforme Silveira (1976), a transmissão de calor é a maior causa de propagação dos incêndios, processando-se através do ar atmosférico, da própria estrutura do corpo e dos líquidos que estiverem perto do fogo.

A transferência de calor é determinante nos processos de ignição, combustão e extinção da maioria dos incêndios.

A propagação ou transmissão de calor se dá de três formas distintas e algumas vezes associadas, que são:

2.2.1.1 Condução

É a transmissão de calor, de uma molécula para outra, de um ponto de maior temperatura para outro de menor temperatura, ou através de um meio intermediário, sólido, líquido ou gasoso que seja condutor de calor.

Na transmissão de calor por condução, os sólidos apresentam-se melhores condutores. Não há transmissão de calor por condução no vácuo.

2.2.1.2 Irradiação

É a transmissão de calor por meio de ondas (raios) caloríficas através do espaço, como ocorre com o calor que recebemos do sol.

Do mesmo modo que a luz, o calor irradiado atravessa o espaço (ar, vácuo) até ser absorvido pelo corpo, onde se propaga por condução.

2.2.1.3 Convecção

De acordo com Ferigolo (1977), é a transmissão de calor através do movimento da matéria (através do meio circulante), gás ou líquido.

Nos prédios altos, quando ocorre um incêndio, as correntes de convecção se propagam através dos poços de escadas, elevadores e dutos de ventilação, resultando no efeito chamado “Efeito Chaminé”.

2.2.2 Métodos de proteção contra incêndios

Segundo Simões (2000), a proteção contra incêndio junta prevenção, combate a incêndio, salvamento e proteção.

A prevenção de incêndio é a ciência que estuda todas as medidas planejadas antes de ocorrer um incêndio, com vistas a evitar ou minimizar ou efeitos deste.

Existem dois métodos de proteção contra incêndio, são eles: proteção passiva e proteção ativa.

2.2.2.1 Proteção passiva

“É a que faz parte do projeto. É implantada durante a construção da edificação, tendo como objetivo restringir a propagação do fogo e reduzir as conseqüências do incêndio” (Hanssen *apud* Colusso, 1993, p. 55).

A proteção passiva apresenta como itens principais o controle de propagação de fogo por compartimentação, controle de ventilação, proteção da estrutura através do comportamento dos materiais em relação ao fogo.

2.2.2.2 Proteção ativa

“É aquela que permite detectar e combater fogo, e exige manutenção e conservação, bem como treinamento das pessoas” (Hanssen *apud* Colusso, 1993, p. 55).

A proteção ativa apresenta como itens principais o sistema de detecção e alarme de incêndios, combate a incêndios através de extintores, sistemas de água sob comando e automáticos, viaturas do corpo de bombeiros.

2.2.3 Métodos de extinção de incêndios

Para que se processe a extinção do fogo é necessário interromper a reação que origina a combustão, visto que é preciso que esta cesse ou não ocorra.

Logo, impedindo a ligação dos pontos do “*Quadrilátero do Fogo*”, ou seja, dos elementos essenciais, indispensáveis para que o fogo se alimente, este se extinguirá ou não iniciará.

A extinção do fogo, então, é feita, basicamente, por uma ação de resfriamento, pela diluição ou remoção do suprimento de combustível, por uma ação de abafamento ou por interrupção de uma reação química em cadeia. Os incêndios são extintos pela ação de um ou pela combinação dos processos.

2.2.3.1 Diluição ou remoção do suprimento de combustível

Consiste na retirada do material combustível, para que o fogo pare de se propagar.

Quando se fecha o registro de gás, o fogo do queimador se apaga por falta de combustível. A retirada dos materiais, como móveis, documentos, de um local incendiado são exemplos da extinção por remoção.

2.2.3.2 Ação de abafamento

Consiste no isolamento do material em combustão com o oxigênio do ar, reduzindo sua concentração na mistura inflamável.

Uma forma eficaz de obter a diluição ou redução de oxigênio existente no local é através da inundação do ambiente com um gás inerte, mais pesado que o ar, como o CO₂ e o tetraclore de carbono.

O abafamento pode ser obtido também através de uma espuma aquosa, que é mais leve e insolúvel em água.

No projeto arquitetônico pode ser prevista a compartimentação de áreas, que podem ser isoladas por ocasião de um incêndio.

2.2.3.3 Ação de resfriamento

É um dos métodos mais usados. Consiste na redução do calor do material que está queimando, por resfriamento, sendo que o agente extintor mais recomendado é a água, pela capacidade de absorver maiores quantidades de calor (Apostila Cetaf-Ceee *apud* Colusso, 1993, p. 11).

Como exemplo de extinção por resfriamento, pode-se citar o emprego de chuveiros automáticos, extintores de água ou de carga líquida e resfriamento com água em jato compacto ou jato de neblina de água.

2.2.3.4 Ação sobre a reação em cadeia da combustão

Consiste em impedir que o material combustível tanto como o comburente se combinem, colocando-se materiais mais reativos e menos exotérmicos, na queima dos quais o principal representante é o bicarbonato de sódio e o bicarbonato de potássio (Apostila Cetaf-Ceee *apud* Colusso, 1993, p. 11).

É o mais eficaz método de extinção do fogo e cita-se como exemplo o pó químico seco comum (BC) e polivalente (ABC) e sistemas fixos de agentes halogenados (Halon).

2.2.4 Agentes extintores

Consideram-se agentes extintores qualquer substância (sólida, líquida ou gasosa), capaz de extinguir o fogo. A sua ação pode ser física, química, ou ambos.

De acordo com Uminski (2000), os agentes extintores são utilizados através de equipamentos e instalações especiais, denominando o que chamamos comumente de sistema de combate ao fogo. Esses sistemas são classificados de acordo com o tipo de agente extintor utilizado.

2.2.4.1 Agentes extintores de ação física

a) Água

Conforme CETAF-CEEE *apud* Colusso (1993), a água é o agente extintor mais utilizado, pelo seu alto poder extintor e baixo custo, sendo usado com sucesso na maioria dos incêndios, com exceção os causados pela eletricidade, combustíveis líquidos e alguns produtos químicos.

Conforme Ferigolo (1977), a água age por abafamento e resfriamento, sendo que, da forma que for empregada, age tendo uma ou outra ação. Na forma de vapor, age exclusivamente por abafamento, na forma de jato a água age por resfriamento e na forma de neblina por abafamento e resfriamento em conjunto.

b) Espuma Aquosa ou Mecânica

É composta por bolhas de gás, usualmente o ar, que por serem mais leves do que os líquidos combustíveis comuns, flutuam sobre o líquido combustível agindo por abafamento e resfriamento. É usada principalmente na extinção do fogo em líquidos derramados ou armazenados em tanques. Pode ser utilizado em sistemas de chuveiros automáticos, nas edificações que armazenam combustíveis.

c) Gás carbônico

Considerado gás inerte, incombustível, inodoro, incolor, vem sendo utilizado em detrimento de outros gases como, por exemplo, os halogenados, que são danosos à camada de ozônio.

Age por abafamento, tendo como ação secundária o resfriamento, evitando a reignição do combustível.

É utilizado no combate a incêndios em equipamentos energizados, visto que não conduz energia elétrica, e em quase todos materiais combustíveis.

d) Areia

Age por abafamento. Somente pode ser utilizada, conforme CETAF-CEEE *apud* Colusso (1993), em sólidos de pequenas proporções ou líquidos em recipientes de pouca profundidade.

2.2.4.2 Agentes extintores de ação química

a) Pó químico seco

Os pós-químicos secos têm como bases químicas principais o bicarbonato de sódio, bicarbonato de potássio, cloreto de potássio, bicarbonato de potássio-uréia e monofosfato de amônia, misturados com aditivos que dão estabilidade ao pó frente à umidade, à aglutinação, etc. (Brentano, 2004, p. 43).

O pó químico seco age por abafamento, resfriamento e principalmente por extinção química, através da interrupção da reação química em cadeia da combustão, formando uma nuvem de pó sobre a superfície em chamas, neutralizando o oxigênio e o combustível.

Conforme Brentano (2004), são eficientes em extinguir o fogo em líquidos inflamáveis, em alguns equipamentos elétricos. Pode ser utilizado no lugar do dióxido de carbono (CO₂), para extinguir fogos sem a utilização de água. Não deve ser utilizado em equipamentos eletrônicos, pois o pó químico em contato com a umidade do ar corrói as placas dos circuitos atingidos.

b) Gás liquefeito de bromo, cloro e flúor (BCF)

Como agente extintor age principalmente por queda da reação química em cadeia. Sendo líquido, o BCF garante uma penetração profunda, podendo ser utilizado em madeira.

Devido a sua baixa densidade, quando em estado líquido flutua sobre a água garantindo a extingüibilidade de fogos em gasolina, óleo, etc. (Apostila Cetaf-Ceee *apud* Colusso, 1993, p. 15-16).

c) Pó químico especial

Conforme Uminski (2000), são pós especiais para o combate de incêndios em metais perigosos. Agem por abafamento, pois se fundem pelo calor, formando uma crosta sobre o material combustível, impedindo a entrada de oxigênio.

Pode ser utilizado em incêndios de sódio, potássio, magnésio, zinco, alumínio, e na maioria dos outros metais combustíveis (classe D).

2.2.5 Classes de incêndio quanto a natureza do material combustível e meio de extinção

Conforme Colusso (1993), através do artigo 82 do Código de Segurança contra Incêndio e Pânico do Rio de Janeiro, a norma NR 23 da Portaria nº 3214 do Ministério do Trabalho e a Circular nº 6, de março de 1992, do Instituto de Resseguros do Brasil, a natureza do fogo segue uma divisão em quatro classes:

a) CLASSE A

São os incêndios que envolvem materiais combustíveis sólidos, como madeira, tecido, papel, borracha, lixo comum, fibras orgânicas. Têm a propriedade de queimarem em sua superfície e profundidade, deixando resíduos.

O meio de extinção mais apropriado para esta classe é por resfriamento, pela ação da água ou de uma mistura de água com algum produto que ajude a combater as chamas.

b) CLASSE B

São os incêndios que envolvem líquidos e/ou gases inflamáveis ou combustíveis, plásticos e graxas, os quais, quando queimados não deixam resíduos e queimam somente em superfície. A extinção mais apropriada para esta classe é a ação por abafamento.

c) CLASSE C

São os incêndios que envolvem equipamentos energizados eletricamente, como transformadores, emisoras de rádio, televisão, eletrodomésticos.

A extinção deve ser feita por agente extintor não condutor de eletricidade como o gás carbônico, pó químico seco, por exemplo.

Com os equipamentos desligados, a extinção poderá ser feita por agentes extintores das classes A e B.

d) CLASSE D

São os incêndios que envolvem metais pirofóricos, ou seja, metais combustíveis, como magnésio, titânio, sódio, potássio, entre outros.

A extinção deve ser feita por agentes extintores especiais, que se fundem em contato com o metal combustível, formando uma crosta que extingue o incêndio por abafamento, visto que impede a entrada de oxigênio.

2.2.6 Classes de incêndio quanto ao risco

Conforme Belinazo *apud* Simões (2000), entende-se risco de incêndio como a potencialidade de incêndio que apresenta um determinado local, dependendo do tipo de material combustível existente e do método de armazenamento. Depende ainda do tipo, das condições e do material das edificações, inclusive as suas instalações elétricas; da exposição dos materiais combustíveis as chamas, da ocorrência de liberação de calor por atrito, reações químicas, descargas elétricas, raios e outras fontes de energia que possam dar início a uma combustão.

A classificação dos prédios pelo risco incêndio é feita através da Circular Nº 6 da Superintendência de Seguros Privados (SUSEP) com base na Lista e Classe de Ocupação da Tarifa de Incêndio no Brasil, do Instituto de Resseguros do Brasil (I.R.B.), conforme Belinazo *apud* Simões (2000).

Esta circular trata dos riscos isolados, que são divididos em três classes, de acordo com a natureza de suas ocupações, conforme a tabela abaixo:

TABELA 1 – Classificação dos riscos a partir das classes de ocupações do I.R.B.

Risco	Classe de ocupação	Exemplos
A (pequeno)	01 a 02	escolas, residências
B (médio)	03 a 06	depósitos de classe de ocupação 1 e 2, oficinas, fábricas, armazéns
C (grande)	07 a 13	depósitos de combustíveis, paióis de munição, refinarias de petróleo e assemelhados.

2.3 Instalações hidráulicas de combate a incêndio

2.3.1 Sistemas de hidrantes e mangotinhos

O sistema de hidrantes e mangotinhos é formado por uma rede de canalizações fixas, com o objetivo de deslocar a água da fonte de suprimento até os pontos estrategicamente determinados para suprir de água os demais acessórios de combate. Estes sistemas são chamados de “sistemas sob comando”, pois necessitam da ação do homem para o seu

funcionamento, ao contrário dos sistemas de chuveiros automáticos.

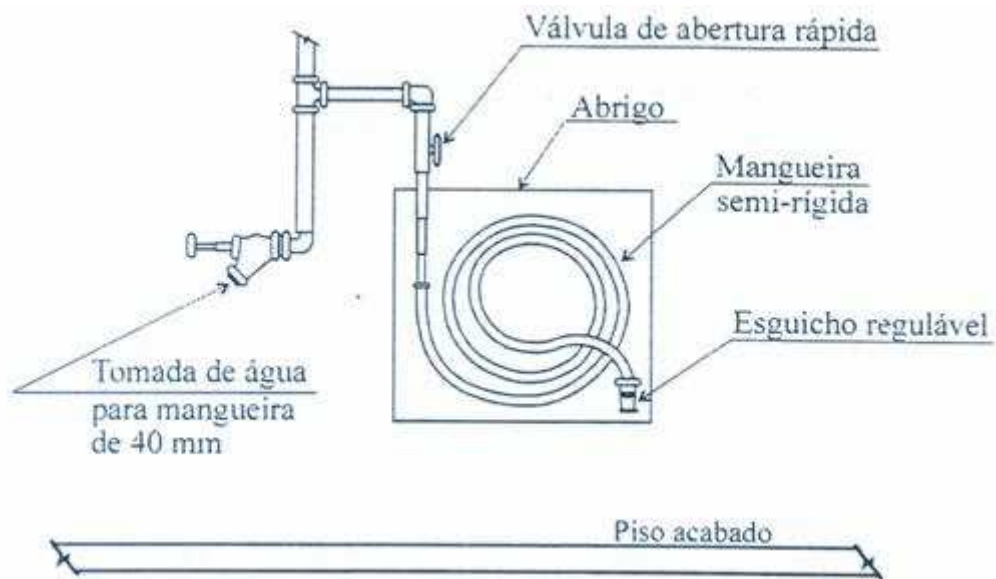
Os pontos do sistema sob comando são abastecidos por água automaticamente com a simples abertura de um hidrante ou mangotinho em qualquer ponto da instalação, por gravidade e/ou com bombas de reforço a partir de um reservatório superior ou de um reservatório inferior através de um sistema de bombas de incêndio.

2.3.1.1 Tipos de sistemas sob comando

Segundo a NBR 13714/2000, os sistemas sob comando são divididos em:

a) Sistema de mangotinhos

Sistema constituído por tomadas de incêndio, onde há uma saída simples de água, contendo válvula de abertura rápida permanentemente acoplada em uma mangueira semi-rígida, com diâmetro nominal de 25 ou 32mm em cuja extremidade contém um esguicho regulável.

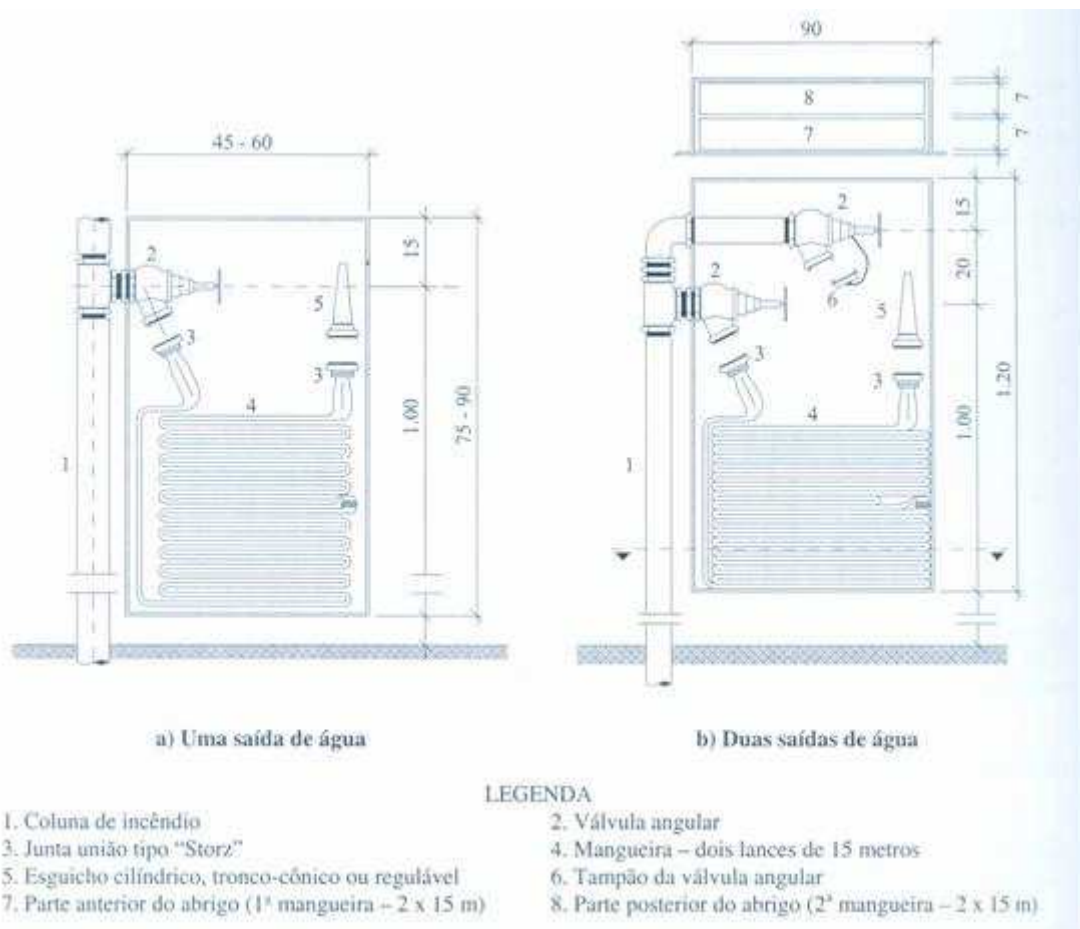


FONTE: KLEIN, 2001.

FIGURA 3 – Exemplo de um sistema do tipo 1 – mangotinho com ponto de tomada de água para mangueira de 40mm.

b) Sistema de Hidrantes

Sistema constituído por tomadas de incêndio, onde pode haver uma (simples) ou duas (dupla) saídas de água, contendo válvulas angulares de 65mm (2 ½”) ou 40mm (1 ½”) de diâmetro nominal, de acordo com o diâmetro da mangueira de hidrante, com seus respectivos adaptadores, tampões e demais acessórios.



FONTE: BRENTANO, 2004.

FIGURA 4 – Exemplo de corte de abrigos de incêndio com um e duas saídas de água.

2.3.1.2 Classificação das edificações de acordo com a sua ocupação

Uma vez conhecida a edificação a ser protegida, faz-se a classificação da mesma a partir de sua descrição e ocupação, utilizando a tabela de classificação dos edifícios e aplicabilidade dos sistemas fornecida pela NBR 13714/2000.

2.3.1.3 Classificação dos tipos de sistemas de hidrantes e mangotinhos

De acordo com a NBR 13714/2000, os tipos de sistemas de hidrantes e mangotinhos são dados pela tabela abaixo:

TABELA 2 – Tipos de sistemas de hidrantes e mangotinhos.

Tipo	Esguicho	Mangueiras			Saídas	Vazão L/min
		Diâmetro mm	Comprimento máximo	Comprimento m		
1	Regulável	25 ou 32	30		1	80 (1) ou 100 (2)
2	Jato compacto #16mm ou regulável	40	30		2	300
3	Jato compacto #25mm ou regulável	65	30		2	900

(1) As edificações do grupo A, conforme a tabela do anexo I, devem ser protegidas por sistemas do tipo 1, com vazão de 80 L/min, dotados de pontos de tomada de água de engate rápido para mangueiras de diâmetro 40mm (1 ½”).

(2) As edificações dos grupos B, D, E e H e das divisões F1, F2, F3, F4 e F5, conforme a tabela do anexo I, devem ser protegidas por sistemas do tipo 1 com vazão de 100 L/min, dotados de pontos de tomada de água de engate rápido para mangueiras de 40mm (1 ½”).

FONTE: NBR 13714/2000.

As vazões da tabela correspondem a esguichos tipo regulável na posição de maior vazão para o sistema de tipo 1, jato compacto de 16mm para o sistema tipo 2 e jato compacto de 25mm para o sistema de tipo 3.

A aplicabilidade destes sistemas é para edificações com área construída superior a 750 m² e/ou altura superior a 12 m.

Para cada ponto de hidrante ou mangotinho, são obrigatórios os materiais descritos na tabela abaixo:

TABELA 3 – Componentes para cada hidrante simples ou mangotinho.

Materiais	Tipos de sistemas		
	1	2	3
Abrigo(s)	Sim	Sim	Sim
Mangueira(s) de Incêndio	Não	Sim	Sim
Chaves para hidrante, engate rápido	Não	Sim	Sim
Esguicho(s)	Sim	Sim	Sim
Mangueira semi-rígida	Sim	Sim (1)	Não

(1)As edificações do grupo C e das divisões F6, F7 e F8, conforme a tabela do anexo I, devem ser protegidas por sistemas do tipo 2, com saídas duplas de 40mm (1 ½”), dotados de pontos de tomada de água com mangueiras semi-rígidas. Logo, cada ponto de hidrante deve conter duas mangueiras de incêndio de 40mm e uma mangueira semi-rígida, sendo que esta última deve estar permanentemente acoplada.

FONTE: NBR 13714/2000.

Quando houver mais de um tipo de ocupação na edificação (ocupações mistas), que requeira sistemas distintos, cada ocupação deve ser protegida pelo seu respectivo sistema e, no caso de existência de garagens nestas edificações, estas devem ser protegidas pelo sistema de maior risco.

Segundo a NBR 13714/2000, as edificações estabelecidas para serem protegidas por sistema tipo 1, podem, opcionalmente, serem protegidas por um sistema alternativo de hidrantes, com as seguintes características:

- mangueiras de incêndio com diâmetro 40mm;
- esguichos de jato composto de 13mm ou regulável;
- vazão mínima de 130 l/min no esguicho mais desfavorável hidráulicamente, conforme especificado abaixo:

- um hidrante quando instalado um hidrante;
 - dois hidrantes quando instalados dois, três ou quatro hidrantes;
 - três hidrantes quando instalados cinco ou seis hidrantes;
 - quatro hidrantes quando instalados mais de seis hidrantes.
- a reserva de incêndio deste caso é determinada considerando o funcionamento dos hidrantes especificados no item acima, por um tempo mínimo de 60min;

2.3.1.4 Elementos constituintes dos sistemas de hidrantes e mangotinhos

a) Fonte de abastecimento de água

Os sistemas sob comando podem ser alimentados com água através de um reservatório superior por gravidade, através de reservatórios ao nível do solo, semi-enterrado ou subterrâneo por bombeamento ou ainda através de fontes naturais como lagos, rios, açudes por bombeamento.

De acordo com a NBR 13714/2000, para qualquer sistema de hidrante ou mangotinho, o volume mínimo de água para reserva de incêndio é determinado através da multiplicação da vazão de duas saídas de água de uso simultâneo (os hidrantes mais desfavoráveis) do sistema aplicado conforme a tabela 2, em litros por minuto pelo tempo de 60 minutos para sistemas dos tipos 1 e 2, e 30 minutos para sistemas do tipo 3.

Conforme Brentano (2004), o volume da reserva de incêndio obtido pelo cálculo hidráulico é sempre maior que o determinado pela NBR 13714/2000, visto que ela determina o volume mínimo a partir da vazão mínima no hidrante mais desfavorável hidráulicamente enquanto que pelo cálculo hidráulico o volume é determinado a partir da vazão dos hidrantes mais favoráveis.

Como o objetivo de um sistema sob comando é combater o foco do incêndio, e a função da reserva de incêndio, segundo a NBR 13714/2000, é de dar o primeiro combate ao foco de incêndio para extingui-lo ou controlá-lo até a chegada dos bombeiros, ter uma reserva técnica de incêndio maior que o mínimo preconizado pela norma, não acarreta uma proteção maior, porque existem outros fatores que são importantes como:

- ter uma instalação bem projetada e executada;
- fazer inspeções, testes e manutenções periódicas;
- ter brigada de incêndio ou pessoas treinadas para operar imediatamente o sistema na ocasião de um princípio de incêndio.

b) Sistema de bombeamento

De acordo com a NBR 13714/2000, quando o abastecimento de hidrantes for feito por bomba de incêndio, esta deverá possuir pelo menos uma bomba elétrica ou de combustão interna e deverá abastecer o sistema exclusivamente.

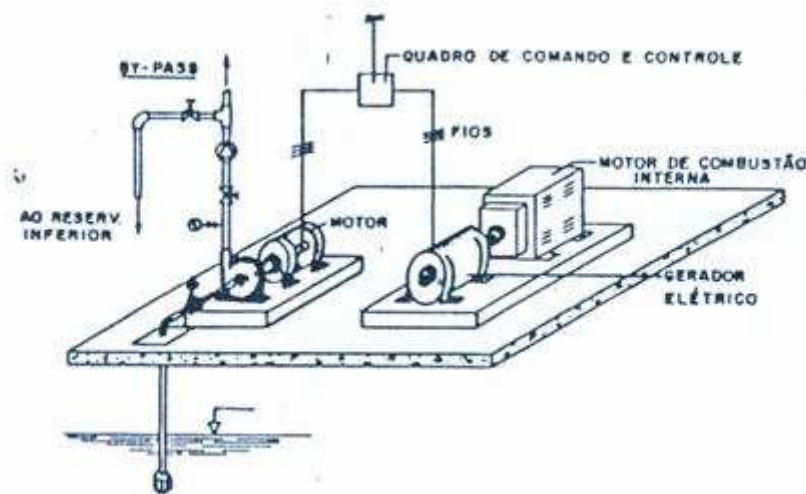
As bombas de incêndio devem ser instaladas, preferencialmente, em condição de sucção positiva. Esta condição é obtida quando a linha do eixo da bomba se situa abaixo do nível do fundo do reservatório. Admite-se que a linha do centro do eixo da bomba se situe 2m acima do nível do fundo do reservatório, ou a 1/3 da capacidade efetiva deste, escolhendo o valor que for menor. Acima disto, é considerada sucção negativa.

Se o motor da bomba for elétrico, este deve possuir rede independente da instalação do prédio, ou ter sua alimentação executada de forma que possa fazer o desligamento da instalação geral, sem interromper o seu funcionamento.

Quando for instalado motor de combustão interna para a bomba de hidrantes, deverá o mesmo funcionar, continuamente, a plena carga, durante seis horas.

Quando for necessário manter a rede do sistema de hidrantes ou mangotinhos devidamente pressurizada em uma faixa preestabelecida e, para compensar pequenas perdas de pressão, deve ser instalada uma bomba de pressurização (JOCKEY), com vazão máxima de 20 L/min.

Quando houver necessidade de fornecer água aos hidrantes e mangotinhos mais desfavoráveis hidráulicamente, quando estes não puderem ser abastecidos somente pelo reservatório elevado, pode-se utilizar uma bomba hidráulica centrífuga, chamada de bomba de reforço.



FONTE: MACINTYRE,1982.

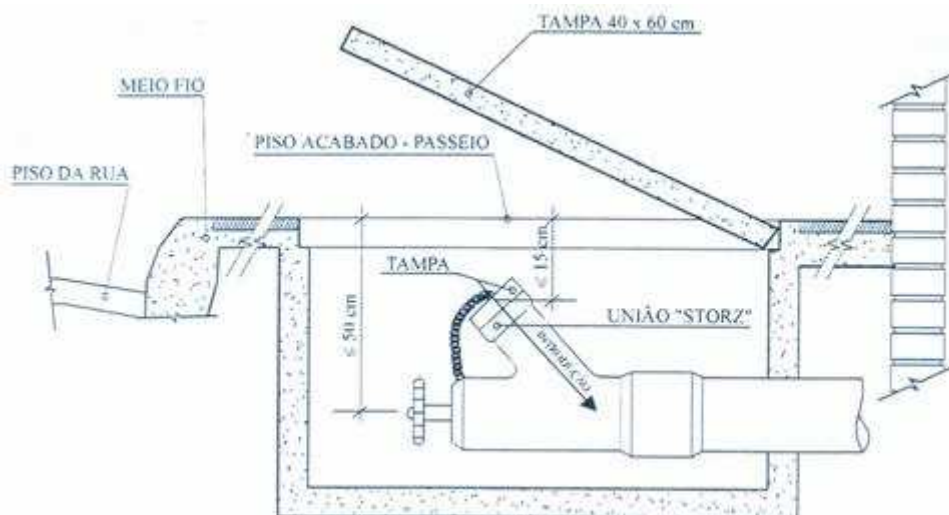
FIGURA 5 – Exemplo de bomba para incêndio com motor alimentado pela rede de energia e gerador acionado por motor de combustão interna.

c) Sistema de controle

– Registro de recalque ou dispositivo de recalque

Segundo a NBR 13714/2000, todos os sistemas hidráulicos sob comando devem ser dotados de dispositivo de recalque para ser utilizado pelo Corpo de Bombeiros em caso de sinistro, consistindo em um prolongamento, de mesmo diâmetro, da tubulação principal, com o diâmetro mínimo de DN 50mm (2") e máximo de DN 100mm (4"), cujos engates são compatíveis aos utilizados pelo Corpo de Bombeiros.

A instalação do registro de recalque pode ser feita no passeio, enterrada em caixa de alvenaria, com fundo permeável tampa articulada e requadro em ferro fundido, com a descrição "INCÊNDIO". Esta tampa possui as dimensões de 40 x 60 cm, afastada a 50 cm do meio fio. A introdução tem que estar voltada para cima, em ângulo de 45° e posicionada, no máximo a 15 cm de profundidade em relação ao piso do passeio, conforme mostra a figura abaixo. O diâmetro do registro deve ser de 63mm dotado de junta de união do tipo "Storz".

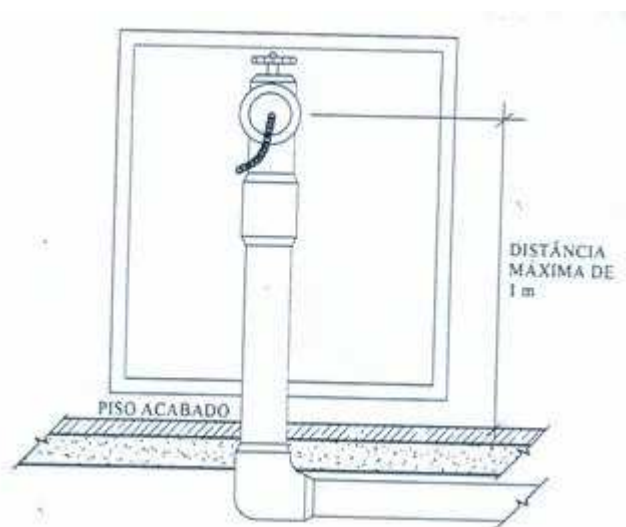


FONTE: KLEIN, 2001.

FIGURA 6 – Exemplo de dispositivo de recalque instalado no passeio.

A outra forma de instalação do registro segundo a NBR 13714/2000, é na fachada da edificação, desde que desobstruído, sinalizado e distante no máximo 10m do meio fio.

Neste caso, o dispositivo de recalque deve ser instalado com a introdução voltada para rua e para baixo, em ângulo de 45°, com altura entre 0,60 e 1,0m.



FONTE: KLEIN, 2001.

FIGURA 7 – Exemplo de dispositivo de recalque instalado na parede.

Segundo Brentano (2004), é preciso dispor de alarmes audiovisuais que indiquem a entrada em operação de qualquer hidrante ou mangotinho, que possam ser acionados por pressostato ou chave de fluxo. Ao lado de cada tomada de hidrante ou mangotinho deve existir também, um alarme de botão, que é acionado manualmente na ocasião de um incêndio.

A NBR 13714/2000 descreve os outros aparelhos destinados para controle dos sistemas de hidrantes e mangotinhos, como as válvulas de retenção, válvulas de bloqueio, registros de manobra, pressostato, manômetros, entre outros.

d) Sistema de distribuição

- Tubulações

As tubulações que formam o barrilete e as colunas de incêndio da instalação devem possuir, de acordo com a NBR 13714/2000, diâmetro nominal não inferior a DN 65 (2 ½”). Para sistemas do tipo 1, poderá ser utilizada tubulação com diâmetro de DN 50 (2”), desde que comprovado o desempenho hidráulico dos componentes.

A tubulação aparente da instalação deve ser pintada na cor vermelha.

As tubulações e conexões para hidrantes devem ser de ferro fundido, aço galvanizado ou cobre, fabricados de acordo com as normas brasileiras.

Os materiais termoplásticos, na forma de tubos e conexões, somente podem ser utilizados enterrados e fora da projeção da planta da edificação, satisfazendo a todos os requisitos de resistência à pressão interna e aos esforços mecânicos necessários ao funcionamento da instalação.

- Abrigos ou caixas de incêndio

Abrigos ou caixas de incêndio são compartimentos, embutidos ou não, destinados a armazenar mangueiras, esguichos, carretéis, tomadas de incêndio e demais equipamentos utilizados no combate ao incêndio no sistema sob comando.

- Tomadas de incêndio

De acordo com Brentano (2004), são pontos de tomada de água, constituídas por uma ou duas saídas, comandadas por válvulas angulares ou de esfera de abertura rápida, com seus respectivos adaptadores, aos quais

são acopladas mangueiras ou mangotinhos.

As tomadas de incêndio possuirão uma ou duas saídas de água para hidrantes e somente uma saída para mangotinhos, de acordo com o tipo de sistema adotado.

1) Tomadas de incêndio para hidrantes

As tomadas de incêndio para hidrantes possuem:

- válvula angular de 38 mm (1 ½”) ou 63 mm (2 ½”) de diâmetro, de acordo com o diâmetro da mangueira, colocada com saída voltada para baixo, em ângulo de 45° ou 90°;
- adaptador do tipo “storz” de 38 mm (1 ½”) ou 63 mm (2 ½”) de diâmetro, conforme o diâmetro da mangueira;
- tampão, com engate rápido do tipo “storz”, com corrente, para proteger a abertura da válvula angular, sendo obrigatório nas tomadas externas aos abrigos de incêndio;
- a sua instalação deve ser entre 1,0 e 1,50 m do piso acabado.

2) Tomadas de incêndio para mangotinhos

No caso de uma instalação com o uso de mangotinhos, estes devem possuir diâmetro interno de 25mm (1”) ou 32mm (1 ¼”) , sendo o de 25 mm o mais utilizado.

De acordo com a Lei Complementar nº 128 de 27/11/1985, de Porto Alegre - RS, as pressões de serviço, obtidas por gravidade ou por sistema de bombas, devem ser:

- mínima: 100 kPa (10 mca ou 1,0 kgf/m²);
- máxima: 1,0 MPa (100 mca ou 10 kgf/m²).

Os mangotinhos possuem esguichos próprios reguláveis, de jato compacto à neblina, com saída efetiva de 6,35 mm (1/4”) ou 9,5mm (3/8”) e estão permanentemente acoplados às válvulas de esfera, de abertura rápida.

Os mangotinhos podem ser instalados em carretel com alimentação axial, ou diretamente na tubulação, dispostos em forma de “8”, sobre suporte, e ambos com comprimento máximo de 20 metros.

Os mangotinhos devem ser instalados em locais onde não fiquem obstruídos, prejudicando o trânsito ou com possibilidade de o fogo bloquear o seu acesso.

No projeto devem ser dispostos de forma a envolver, através do raio de ação do circuito, cujo raio é o próprio comprimento do mangotinho, qualquer ponto da área protegida, devendo o seu esguicho estar situado no máximo a 1,50m do piso.

- Mangueiras

As mangueiras para incêndio são condutores flexíveis, utilizados para conduzir água sob pressão, e devem obedecer aos requisitos da norma NBR 11861/1998, como a escolha do tipo de mangueira, que varia de acordo com a pressão de trabalho, pressão de ruptura, resistência a abrasão, podendo ser do tipo 1 ao tipo 5.

O comprimento total das mangueiras que abastecem cada saída a um ponto de hidrante ou mangotinho, deve ser suficiente para vencer todos os obstáculos, não excedendo 30m. Para sistemas de hidrantes, deve-se preferencialmente utilizar lances de 15m.

- Esguichos

De acordo com a norma NBR 13714/2000, é o dispositivo adaptado na extremidade da mangueira, destinado a dar forma, direção e controle ao jato de água.

Existem esguichos de vários tipos e tamanhos, como o esguicho do tipo universal ou regulável, que possibilita a emissão de água nas formas de jato compacto ou neblina, e também o tipo simples ou não-regulável, o qual possibilita somente a emissão de jato compacto.

- Requite

De acordo com Uminski (2000), requinte é uma peça adaptada à extremidade do esguicho, com função de limitador de vazão.

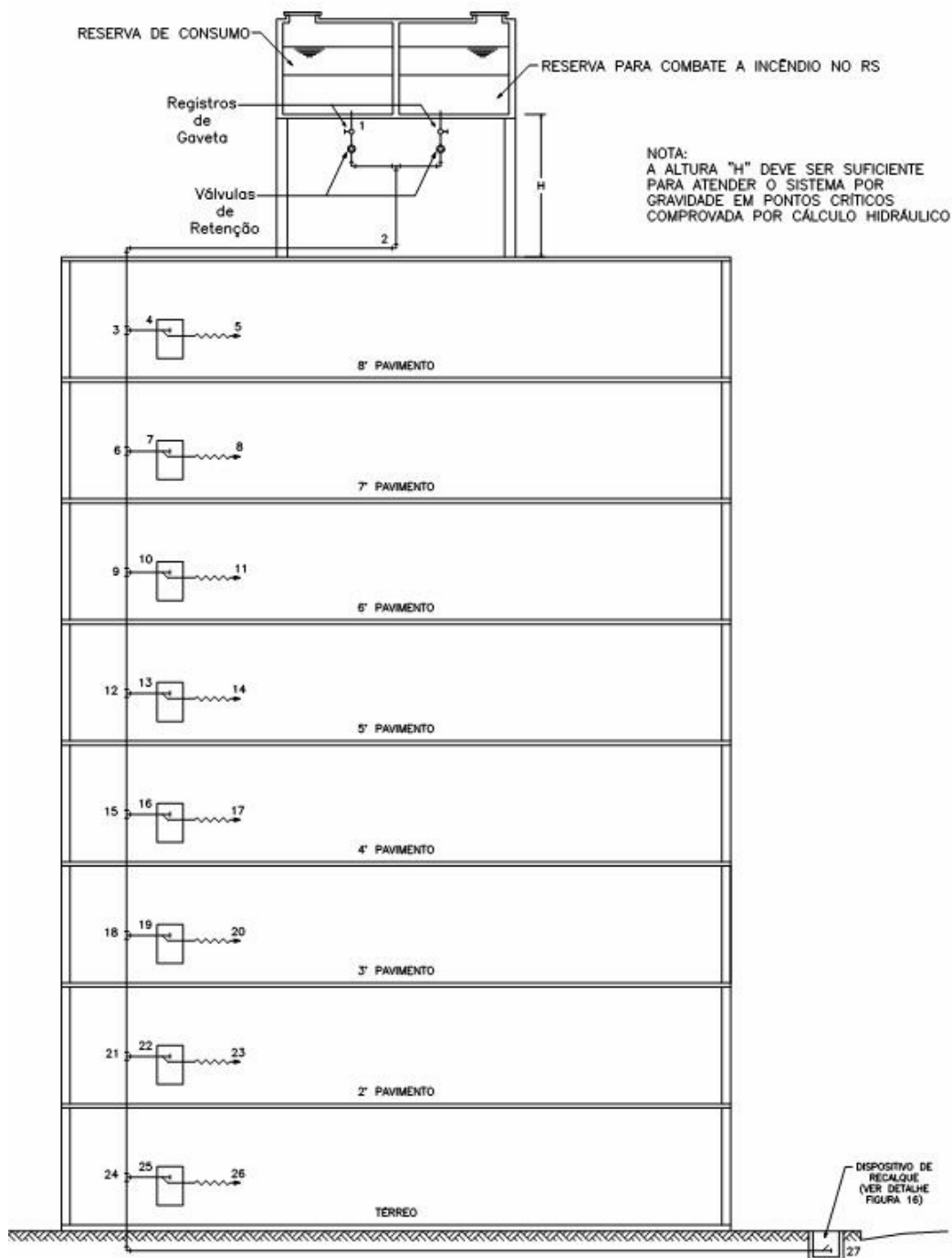
2.3.1.5 Parâmetros relativos ao projeto de sistemas de hidrante e mangotinhos

De acordo com a NBR 13714/2000, os pontos de tomada de água para hidrantes e mangotinhos devem ser posicionados nas proximidades de portas externas e/ou acessos à área a ser protegida, numa extensão não maior que 5 m., fora das escadas ou antecâmaras de fumaça e instalados de 1,0 a 1,5m de altura do piso acabado.

Nos hidrantes externos, quando afastados de no mínimo 15m ou 1,5 vez a altura da parede externa da edificação a ser protegida, poderão ser utilizados até 60 m de mangueira (preferencialmente em lances de 15m), desde que devidamente dimensionados hidráulicamente. Recomenda-se que sejam utilizadas mangueiras de 65mm de diâmetro para redução da perda de carga do sistema e o último lance de 40 mm de diâmetro para facilitar o seu manuseio.

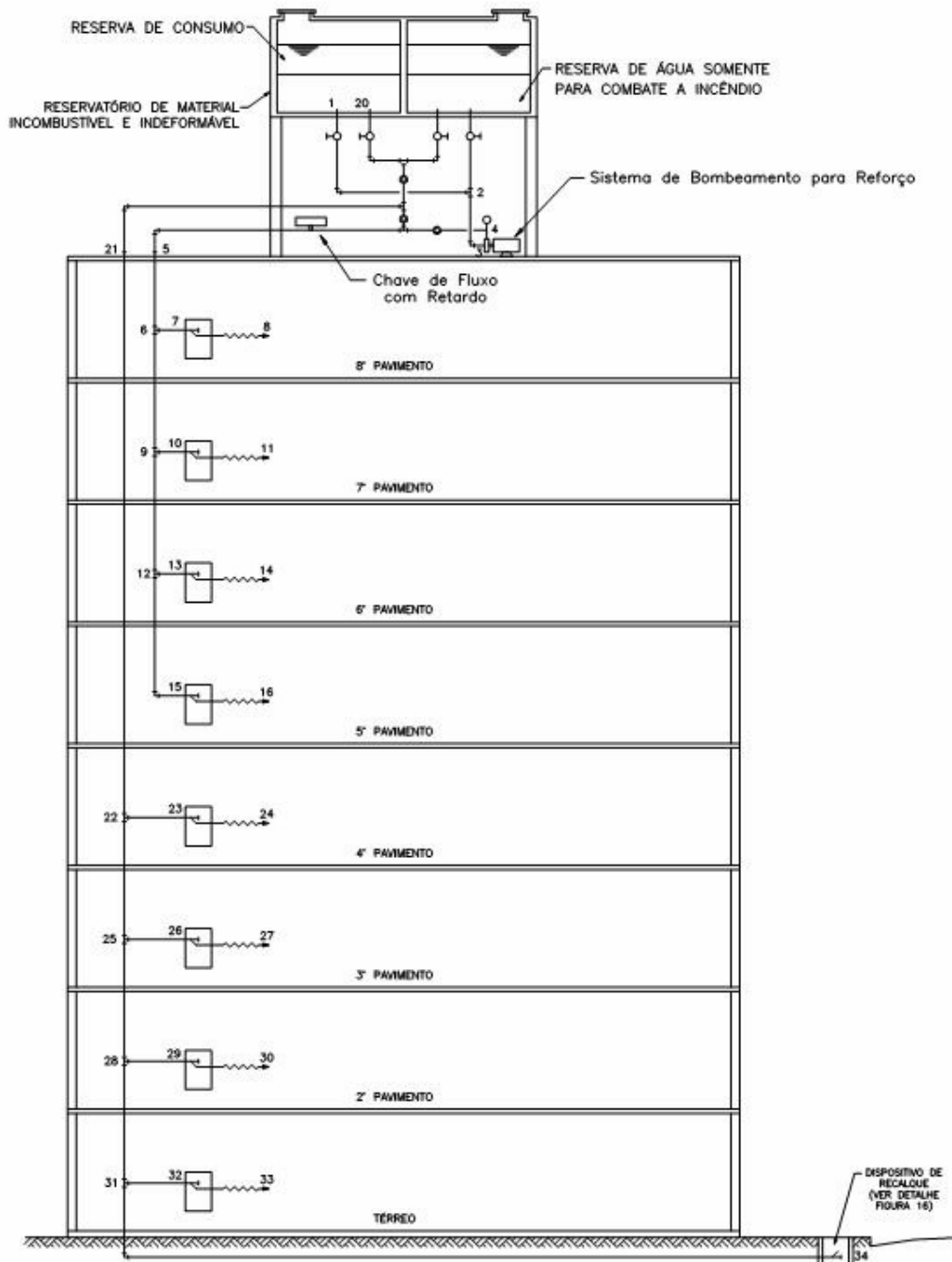
Todos os pontos de tomada de hidrantes e mangotinhos devem receber sinalização de acordo com a NBR 13435/95 e devem ser instalados em locais que não comprometam a fuga dos ocupantes da edificação a ser protegida.

Como já foi citado no item 2.3.1.4, o projeto de instalações de hidrantes e mangotinhos pode ser executado com operação pelo reservatório superior (gravidade), ver Figura 08, pelo reservatório superior com bomba de reforço (gravidade), ver Figura 09, ou através do reservatório inferior (bombeamento), ver Figura 10.



FONTE: BELINAZO *apud* UMINSKI, 2000.

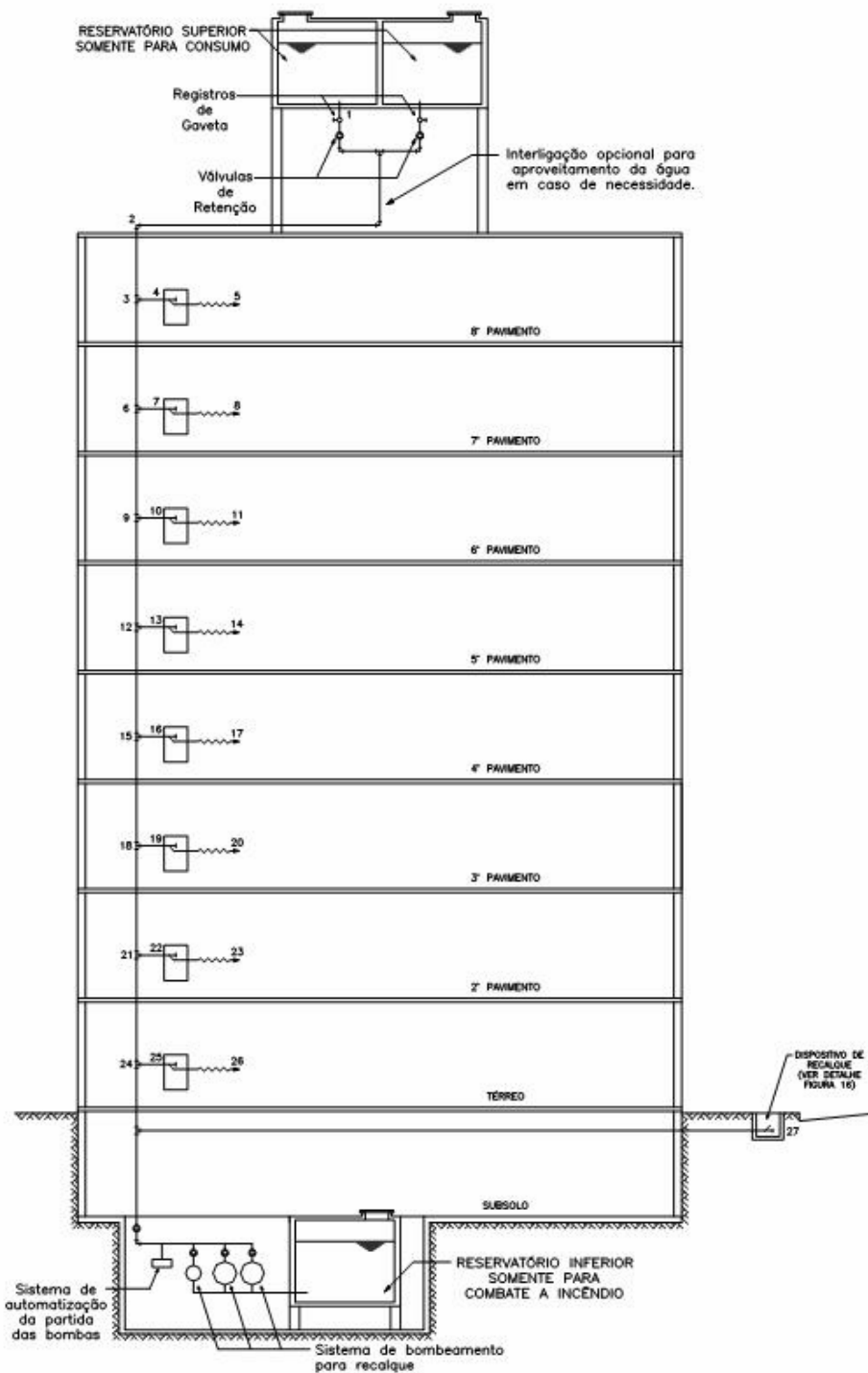
FIGURA 8 – Esquema vertical do sistema de hidrantes com abastecimento por gravidade.



NOTA: O funcionamento e o alarme deste sistema de moto-bomba deve ser automático através de chave de alarme e fluxo com retardo.

FONTE: BELINAZO apud UMINSKI, 2000.

FIGURA 9 – Esquema vertical do sistema de hidrantes com abastecimento por gravidade, com uma bomba de reforço instalada na cobertura.



FONTE: BELINAZO *apud* UMINSKI, 2000.

FIGURA 10 – Esquema vertical do sistema de hidrantes com abastecimento por bombeamento.

2.3.1.6 Dimensionamento dos sistemas de hidrantes e mangotinhos

Segundo Brentano (2004), a questão-chave de todo o dimensionamento de hidrantes e mangotinhos é a relação vazão/pressão. A vazão mínima estabelecida pela norma, no esguicho do hidrante ou mangotinho mais desfavorável da instalação, é que vai determinar a pressão mínima necessária para o funcionamento.

O roteiro detalhado para o dimensionamento do sistema de hidrantes e mangotinhos será visto no desenvolvimento do trabalho, capítulo 3.

2.3.2 Sistema de chuveiros automáticos

O sistema de chuveiros automáticos constitui-se de um sistema fixo integrado que descarrega água sobre a área de incêndio, de forma automática, com vazões, pressões e distanciamentos mínimos de acordo com o grau de risco do local que visa proteger, agindo de forma rápida para extingui-lo ou controlá-lo em seu estágio inicial.

Hoje, em virtude do número grande de aglomerações urbanas, exigem-se edificações com grandes áreas e alturas consideráveis, determinando então, sistemas de proteção mais eficazes, em virtude do aumento do perigo de incêndio.

O sistema de chuveiros automáticos é o mais indicado, porque além de ser acionado automaticamente, dá um alarme geral na edificação, atua sobre o fogo de forma efetiva, independentemente do calor, da fumaça e da visibilidade no local de trabalho (Brentano, 2004, p. 107).

Outro fator importante na eficácia do sistema de chuveiros automáticos é a de que este sistema realiza de forma simultânea a detecção, alarme e combate ao fogo.

2.3.2.1 Classificação dos Sistemas de Chuveiros Automáticos

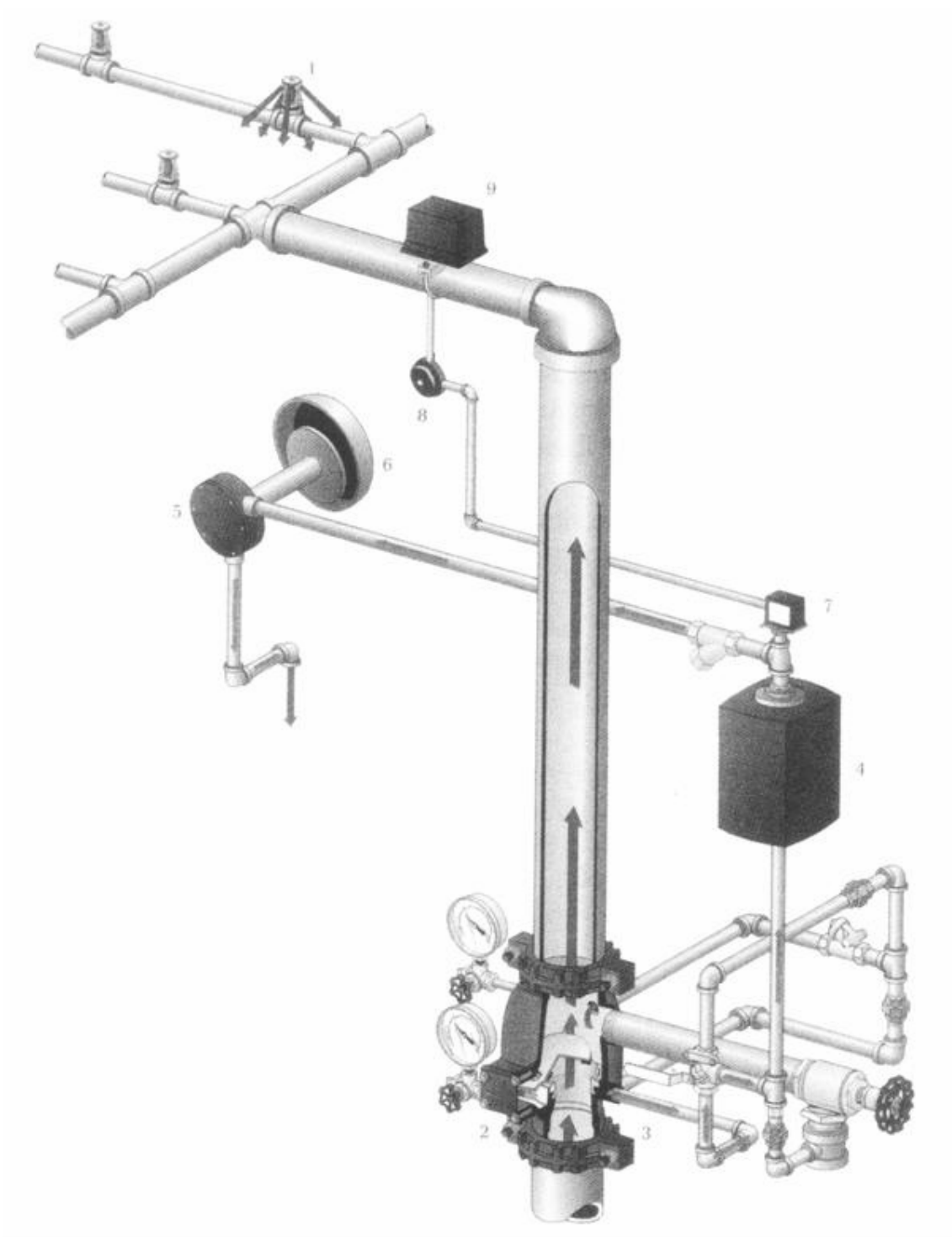
Os sistemas de chuveiros automáticos podem ser classificados em quatro tipos distintos, onde a escolha do sistema deve considerar os seguintes fatores: o clima da região onde vai ser instalado o sistema, o princípio de funcionamento deste e o tipo de risco a proteger.

a) Sistema de chuveiros automáticos de tubo molhado

Este sistema constitui-se de uma rede de tubulação fixa, contendo água sob pressão de forma permanente, onde estão instalados chuveiros automáticos em seus ramais. O sistema é controlado em sua entrada, por uma válvula de governo, cuja função é disparar um alarme quando da abertura de um ou mais chuveiros disparados pelo incêndio. O emprego deste sistema é recomendado em regiões mais quentes, onde não há risco de congelamento da água na tubulação do sistema; o agente extintor (água) somente é descarregado nos chuveiros ativados pela ação do fogo.

De acordo com Brentano (2004), os chuveiros automáticos (1), ativados pela ação do fogo, aquecem o seu elemento termossensível - que pode ser uma ampola de vidro que contém um líquido expansível com o calor ou uma peça fusível de liga metálica com baixo ponto de fusão - até atingir a temperatura de operação. Quando é acionado, libera a saída da água sobre o fogo, fazendo baixar a pressão na rede de tubulações. É acionado então, o motor de uma das bombas, realimentando o sistema com

água. A água é recalçada pela coluna de incêndio, levantando o disco de vedação de válvula de governo e alarme (2). A água pode tomar dois caminhos: sua maior parte escoar em direção do chuveiro automático acionado e a outra parte escoar para o circuito elétrico de alarme (3), até a câmara de retardo (4). Esta, após estar cheia, a água escoar até o motor hidráulico (5), que aciona o gongo de alarme (6), e/ou escoar até um pressostato opcional (7), que aciona eletricamente uma campainha (8). A campainha pode ser acionada eletricamente, também, por um detector de circulação ou válvula de fluxo de água (9), exemplificado através da Figura 11.



FONTE: SPRINKLER VIKING apud BRENTANO, 2004.

FIGURA 11 – Sistema de acionamento de sistema de chuveiros automáticos de tubo molhado.

b) Sistema de chuveiros automáticos de tubo seco

Este sistema também possui uma rede de tubulação fixa, onde em seu interior contêm ar comprimido ou nitrogênio sob pressão, na qual estão instalados chuveiros automáticos em seus ramais. Este sistema possui uma válvula (válvula de tubo seco) que se abre quando da liberação de gás do interior da tubulação pelo acionamento do chuveiro automático. Esta válvula libera a entrada de água na rede de tubulação, chegando até os chuveiros automáticos. Este tipo de sistema foi desenvolvido para ser utilizado em locais muito frios, onde pode ocorrer o congelamento da água na tubulação.

c) Sistema de ação prévia

Segundo a NBR 10897/90, o sistema de ação prévia consiste em uma rede de tubulação seca contendo ar, em cujos ramais são instalados os chuveiros automáticos. Na mesma área protegida pelo sistema de chuveiro, é instalado um sistema de detecção dos efeitos do calor, de operação muito mais sensível, ligado a uma válvula especial instalada na entrada da rede de tubulação. A atuação de quaisquer dos detectores, motivada por um princípio de incêndio, provoca automaticamente a abertura da válvula especial. Esta permite a entrada da água na rede, que é descarregada através dos chuveiros que forem ativados pelo fogo.

d) Sistema dilúvio

Consiste em uma tubulação seca, na qual são instalados chuveiros abertos – não possuem qualquer tipo de obstrução - em seus ramais. É acrescido um sistema de detecção de incêndio, na mesma área de proteção

interligado a uma válvula (dilúvio) instalada na entrada da rede da tubulação, a qual entra em ação (abre) quando da atuação de qualquer detector, podendo este acionamento ser manual ou através de um princípio de incêndio. Após a abertura da válvula dilúvio, a água entra pela rede e é descarregada por todos os chuveiros abertos. Neste instante, de forma automática e simultânea, soa um alarme de incêndio.

e) Sistema combinado de tubo seco e ação prévia

Segundo a NBR 10897/90, consiste no mesmo princípio do sistema de tubo seco, mas com a diferença de que a atuação de quaisquer dos detectores provoca, simultaneamente, a abertura da válvula de tubo seco sem que ocorra a perda da pressão do ar comprimido contido na rede dos chuveiros automáticos. A atuação do sistema de detecção provoca, também, a abertura de válvulas de alívio de ar instaladas nos extremos das tubulações gerais de rede de chuveiros automáticos, o que facilita o enchimento com água de toda a tubulação do sistema, procedendo, geralmente, à abertura de quaisquer dos chuveiros automáticos.

2.3.2.2 Classificação dos riscos das ocupações

Esta classificação tem como objetivo principal a proteção da edificação em relação a quantidade de carga incêndio, ao risco de inflamação dos materiais e/ou produtos contidos e as características de ocupação no ambiente através de um número adequado de chuveiros. Para efeito de dimensionamento do sistema, a classificação de riscos é utilizada para determinação da área a ser protegida.

As instalações de chuveiros automáticos e seus abastecimentos de

água seguem uma classificação de risco que será comentada, baseada na NBR 10897/90.

a) Ocupações de risco leve

As ocupações que abrangem esta classificação são as ocupações isoladas, com volume e/ou combustibilidade do conteúdo carga-incêndio são baixas, tais como edifícios residenciais, escolas (salas de aula), escritórios, clubes, hospitais, igrejas, hotéis, motéis e outros.

b) Ocupações de risco ordinário

Compreendem as ocupações isoladas, onde o volume e/ou combustibilidade do conteúdo carga-incêndio são médias, e subdivide-se em grupo I, II, e III.

c) Ocupações de risco extraordinário

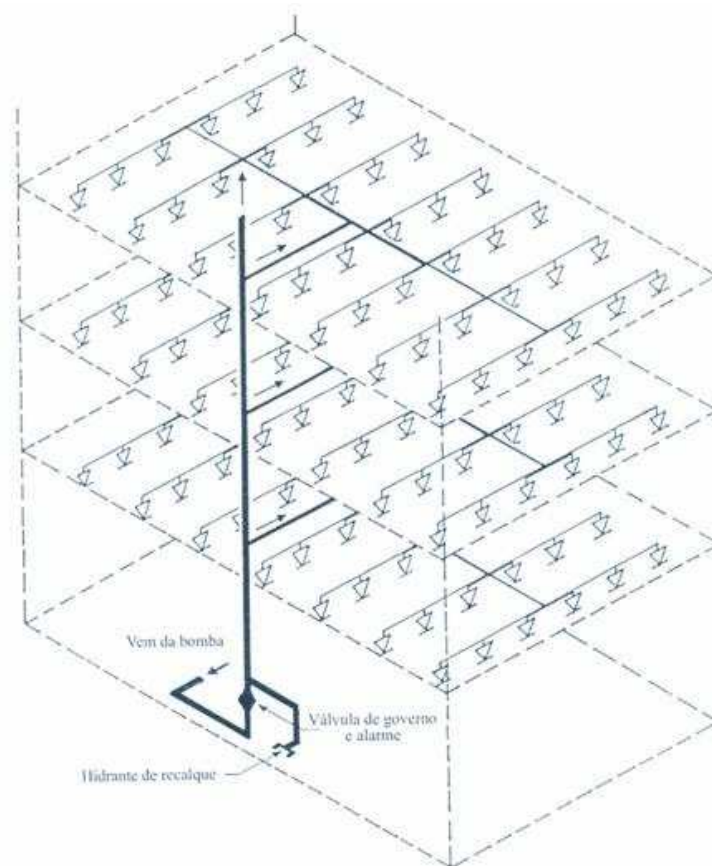
Compreendem as ocupações isoladas, onde o volume e a combustibilidade do conteúdo carga-incêndio são altos e possibilitam o rápido desenvolvimento do incêndio e alta velocidade de liberação de calor, e subdivide-se em grupo I e II.

d) Ocupações de risco pesado

Insere-se nesta classificação as ocupações ou parte das ocupações isoladas, comerciais ou industriais, onde se armazenam líquidos combustíveis e inflamáveis, produtos de alta combustibilidade, como: papel e papelão, borracha, espumas celulares ou materiais comuns em alturas superiores às previstas pela classificação para o risco ordinário.

2.3.2.3 Elementos constituintes do sistema de chuveiros automáticos

Um sistema de chuveiros automáticos é constituído basicamente por uma rede de tubulações fixas, a qual estão conectados chuveiros com espaçamento adequado, controlado por uma válvula, interligado a um sistema de pressurização e a uma fonte de abastecimento de água, como indica a Figura 12.



FONTE: BRENTANO, 2004.

FIGURA 12 – Instalação esquemática de um sistema de chuveiros automáticos em uma edificação.

a) Fonte de abastecimento de água

De acordo com a NBR 10897/90, todo sistema de chuveiros automáticos deve possuir pelo menos um abastecimento de água exclusivo e de operação automática.

O abastecimento de água pode ser suprido pelas seguintes fontes:

- Reservatório elevado;
- Reservatório com fundo elevado ou com fundo ao nível do solo, semi-enterrado ou subterrâneo, piscinas, açudes, represas, rios, lagos ou lagoas com uma ou mais bombas de incêndio;
- Tanque de pressão.

Conforme a NBR 10897/90, o suprimento de água para um sistema de chuveiros poderá ser simples ou duplo, de acordo com alguns requisitos estipulados como tipo de risco de ocupação, volume, vazão e pressão necessários.

O projeto de sistemas de chuveiros automáticos, utilizando como agente extintor a água, pode ser através de operação por gravidade ou por bombeamento.

b) Sistema de bombeamento

O sistema de bombas é necessário quando o sistema de chuveiros automáticos não pode ser abastecido por gravidade, por não atender às condições mínimas de pressão e vazão requeridas por norma.

O conjunto moto-bomba para o sistema de chuveiros automáticos deve ser adequadamente dimensionado para total eficiência do sistema.

As bombas devem ser diretamente acopladas por meio de luva elástica a motores elétricos ou motores diesel, sem interposição de correias ou correntes. Devem possuir dispositivo para partida automática pela queda de pressão hidráulica na rede do sistema de chuveiros.

O sistema utilizado para automatização da bomba deve ser executado de maneira que, após a partida do motor, o desligamento só possa ser efetuado por controle manual.

Para evitar a operação indevida da bomba principal, deve ser instalada uma outra bomba de pressurização (JOCKEY), para fazer a compensação de pequenos e eventuais vazamentos na canalização, numa faixa preestabelecida para garantir uma pressão hidráulica de supervisão na rede do sistema de chuveiros automáticos.

c) Sistema de controle e alarme

É o sistema que controla o escoamento de água para a rede de distribuição através de válvulas especiais e aciona o sistema de alarme.

A válvula automática de controle de sistemas de chuveiros automáticos é uma válvula de retenção com controle automático, que deixa passar a água para o sistema de chuveiros automáticos e para as canalizações que alimentam o sistema de alarme acoplado, válvula esta comandada por dispositivos de detecção e/ou por sistemas mecânico, elétrico, pneumático ou hidráulico.

d) Sistema de distribuição

Segundo Brentano (2004), é a rede formada por canalizações fixas localizadas após o sistema de controle e alarme, que alimentam os

chuveiros automáticos.

Esta rede de tubulações e equipamentos possui nomes especiais para cada parte que a compõe, que serão descritos a seguir:

• **Tubulações**

As tubulações para a instalação dos chuveiros automáticos podem ser aparentes ou não, desde que, se forem aparentes, devem ser suportadas mecanicamente, não ficando as conexões sujeitas a tensões mecânicas e os tubos não sujeitos a flexão.

Segundo a NBR 10897/90, as tubulações aparentes são de aço-carbono, com ou sem costura, aço preto ou galvanizado, com rosca cônica com as extremidades biseladas para solda, ou com sulcos para unhas mecânicas.

As tubulações não podem ser embutidas em lajes ou pilares de concreto, nem em área não protegidas por chuveiros automáticos, exceto quando forem executadas ao nível do solo, dentro de valetas ou galerias totalmente fechadas com tijolos ou concreto.

Tubulações enterradas podem ser de ferro fundido centrifugado, com ou sem revestimento interno de cimento ou de aço-carbono, desde que as tubulações estejam protegidas externamente contra a corrosão.

Também podem ser usadas tubulações de PVC rígido, cimento amianto, poliéster reforçado com fibra de vidro e cobre sem costura, desde que tenham desempenho equivalente aos das tubulações aparentes e enterradas.

De acordo com a NBR 10897/90, o conjunto de tubulações que formam a instalação de chuveiros automáticos possui denominações e

funções que serão especificadas a seguir:

– Ramais:

São ramificações onde os chuveiros automáticos são instalados diretamente ou utilizando-se tubos horizontais com 60 cm de comprimento máximo.

Os ramais podem ser classificados quanto a sua posição em relação à alimentação e a tubulação subgeral, conforme as figuras abaixo. De acordo com a situação e a necessidade da edificação, pode-se optar por um dos tipos de alimentação utilizados.

– Subgerais:

São tubulações que interligam a geral aos ramais, ou seja, destinadas a alimentar os ramais.

– Geral:

São tubulações que interligam a subida principal a subgeral, ou seja, alimentam as subgerais.

– Subidas ou descidas:

São tubulações verticais, de subidas ou descidas, conforme o sentido de circulação da água. Estas tubulações fazem as ligações entre as redes de chuveiros dos diversos níveis ou pavimentos, as ligações das subgerais com os ramais, ou ainda as dos chuveiros individuais com os ramais quando a subida ou descida excede 30cm de comprimento.

– Subida principal:

É a tubulação que liga a rede de suprimento dos abastecimentos de água com as tubulações gerais e onde é instalada a válvula de governo e alarme (VGA) que controla e indica a posição do sistema.

• **Chuveiros**

De acordo com Brentano (2004), chuveiros automáticos são dispositivos com elemento termossensível projetados para serem acionados em temperaturas predeterminadas, lançando automaticamente água sob a forma de aspersão sobre determinada área, com vazão e pressão especificadas, para controlar ou extinguir um foco de incêndio.

Conforme a norma NBR 10897/90, os chuveiros deverão possuir marca ou certificado de conformidade a NBR 6135/92 ou aprovados por entidades reconhecidas internacionalmente.

Devem ser observadas as limitações e restrições fixadas na NBR 10897/90 e na NFPA 13/2002 assim como as do fabricante, quanto às posições e localizações dos diversos tipos de chuveiros, e também os métodos de ensaio e especificações da NBR 6125/92.

Tipos de chuveiros automáticos

Os chuveiros podem ser dos seguintes tipos:

– Abertos: São aqueles que não possuem elemento termossensível e obturador, ou seja, não possuem qualquer elemento que obstrua a passagem de água. São empregados nos sistemas do tipo dilúvio e destinados à proteção de ocupações de risco extraordinário e risco pesado.

- Automáticos: São os chuveiros providos de mecanismo comandado por um elemento termossensível (ampola de vidro, fusível metálico), que os mantêm hermeticamente fechados. Automaticamente entram em funcionamento pela ação do calor de um incêndio. Diferencia-se do chuveiro aberto, pois o acionamento de cada chuveiro é independente.
- Chuveiros automáticos com ampola de vidro

Este tipo de chuveiro automático possui como elemento termossensível uma ampola de vidro, que no seu interior contém um líquido altamente expansível com o calor e uma bolha de ar que, quando o este sofre expansão pela ação do calor, a bolha de ar é comprimida e absorvida pelo líquido, aumentando a pressão interna, e por conseqüência, provoca o rompimento da ampola, liberando o obturador e a água.

Conforme Brentano (2004), a temperatura e o tempo para o acionamento do chuveiro é variável e determinado pelo diâmetro da ampola e conseqüentemente, pela quantidade de líquido expansível contido dentro dela. As diversas temperaturas de acionamento dos chuveiros automáticos são identificados pela cor do líquido da ampola, onde podemos observar na tabela a seguir.

TABELA 4 – Coloração do líquido da ampola para a faixa de temperatura de operação que varia de 57°C a 260°C.

TEMPERATURA MÁXIMA DO TELHADO (C)	TEMPERATURA RECOMENDADA DO CHUVEIRO (C)	CLASSIFICAÇÃO DA TEMPERATURA DE FUNCIONAMENTO	COR DO LÍQUIDO DA AMPOLA
38	57	ORDINÁRIA	LARANJA
49	68	ORDINÁRIA	VERMELHA
60	79	INTERMEDIÁRIA	AMARELA
74	93	INTERMEDIÁRIA	VERDE
121	141	ALTA	AZUL
152	182	MUITO ALTA	ROXA
175/238	204/260	EXTRA ALTA	PRETA

FONTE: NBR 10897/1990.

– Chuveiros automáticos com fusíveis de liga metálica

Este tipo de chuveiro automático entra em funcionamento a partir do derretimento de uma liga de metal com um ponto de fusão pré-estabelecido.

Esta liga de dois ou mais metais que têm o ponto de fusão baixo, produzem uma solda com ponto de fusão mais baixo ainda, denominada “solda eutética”.

Usualmente se utiliza nos sistemas de chuveiros automáticos ligas de ótima fusibilidade, compostas por metais como estanho, chumbo, cádmio e bismuto.

O chuveiro automático entra em funcionamento quando, em uma dada temperatura, a liga metálica do fusível funde-se, fazendo com que a pressão da água remova o obturador, liberando a água.

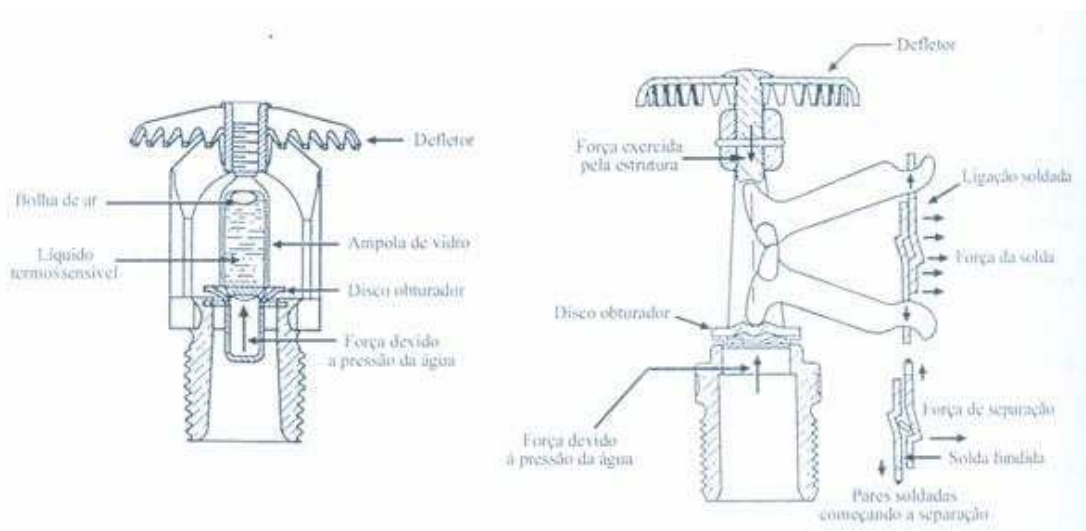
Na tabela abaixo podemos observar as diversas temperaturas de

acionamento identificadas pela cor da pintura dos braços do corpo do chuveiro automático.

TABELA 5 – Coloração do elemento sensível tipo solda para a faixa de temperatura de operação que varia de 57°C a 343°C.

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: NBR 10897/1990.



FONTE: ISMAN apud BRENTANO, 1997.

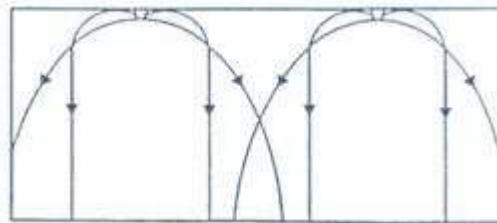
FIGURA 13 – Exemplos de chuveiros automáticos com elementos termossensíveis de ampola de vidro e de fusível.

– Quanto à descarga d’água

De acordo com a NBR 10897/1990, quanto à forma de descarga de água, os chuveiros podem ser os seguintes:

– Chuveiros modelos antigos

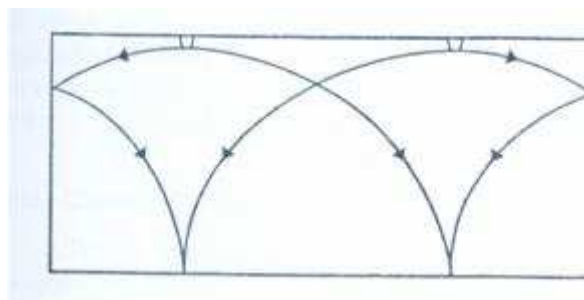
A forma de distribuição da água é demonstrada na figura abaixo.



FONTE: CENTRAL SPRINKLERS COMPANY *apud* BRENTANO, 2004.

FIGURA 14 – Forma de aspersão de água nos chuveiros automáticos tipo “modelo antigo”.

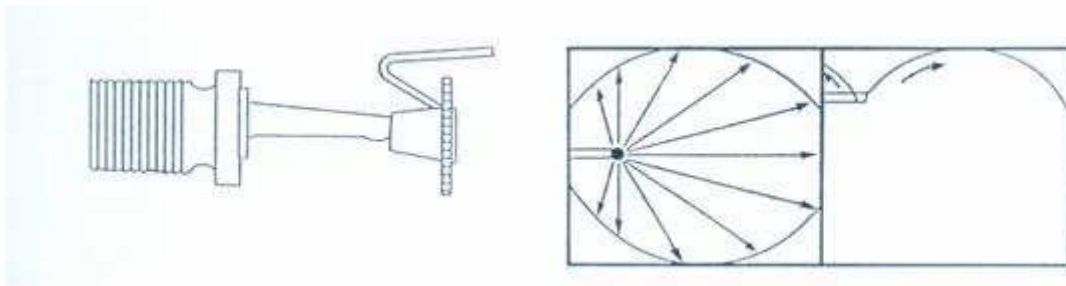
– Chuveiros-padrão (spray)



FONTE: CENTRAL SPRINKLERS COMPANY *apud* BRENTANO, 2004.

FIGURA 15 – Forma de aspersão de água nos chuveiros automáticos tipo padrão.

– Chuveiros laterais (sidewall)



FONTE: CENTRAL SPRINKLERS COMPANY apud BRENTANO, 2004.

FIGURA 16 – Forma de aspersão de água nos chuveiros automáticos tipo lateral na posição horizontal.

– Chuveiros laterais de longo alcance

Chuveiros onde a dimensão do defletor ocasiona uma cobertura maior que os laterais.

– Chuveiros especiais

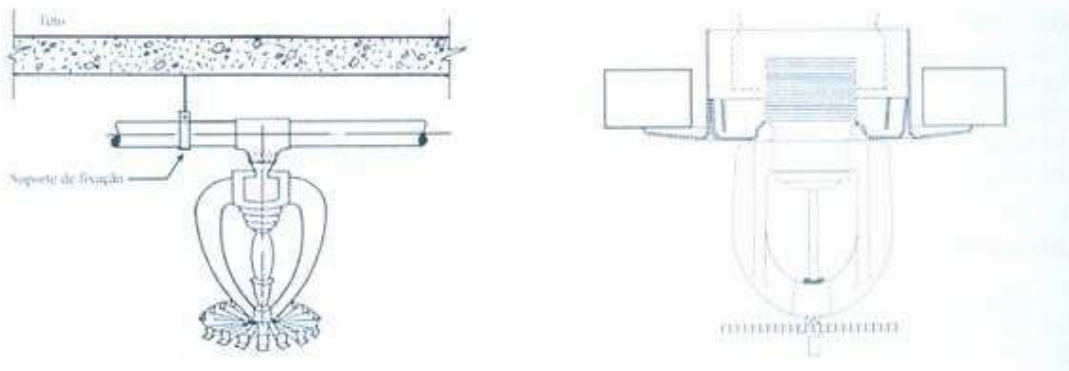
Chuveiro que é projetado para ser instalado rente ao forro falso ou embutido. Este chuveiro somente é instalado na posição pendente.

– Quanto à posição de instalação do defletor

Os chuveiros automáticos podem ser instalados em diversas posições e para cada uma delas existe um formato de defletor. A classificação quanto à posição é a seguinte:

– Chuveiro pendente (“Pendent sprinkler”)

Este tipo de chuveiro pode ser instalado em qualquer grau de risco e em qualquer tipo de edificação (Brentano, 2004).



FONTES: (*) Azevedo Netto; Mello *apud* Brentano, 1988
 (**) Central Sprinklers Company *apud* Brentano, 2004.

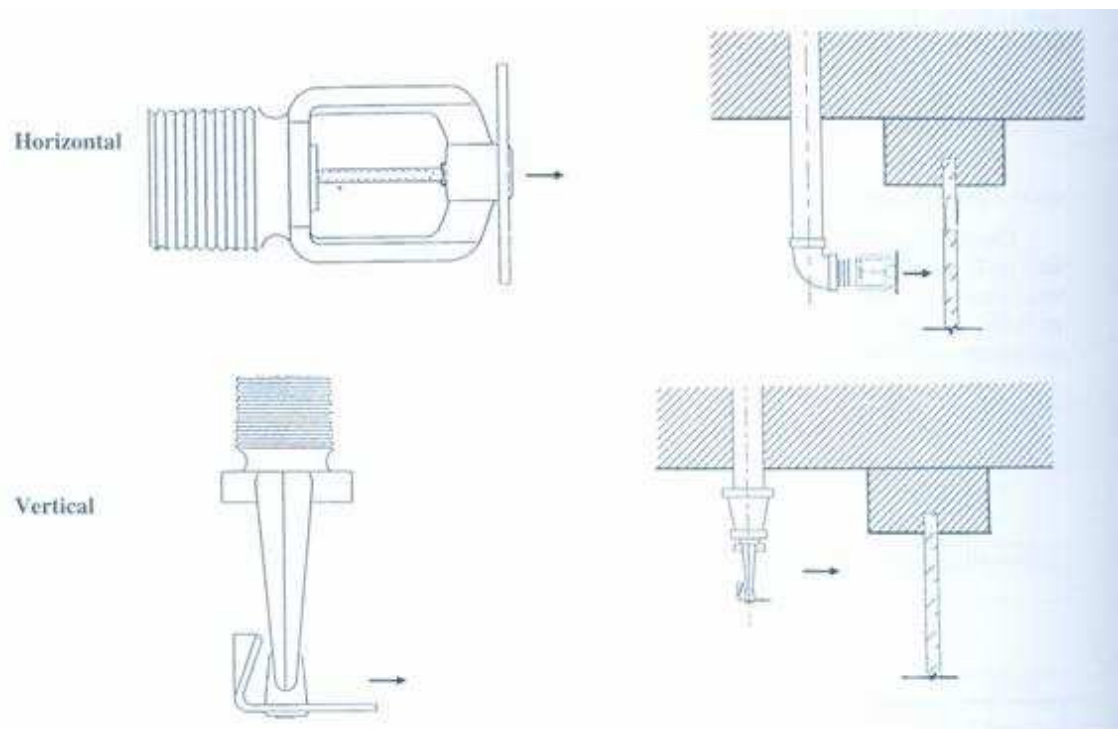
FIGURA 17 – Exemplo de chuveiro automático pendente aparente (*) e embutido (**) no teto.

– Chuveiro em pé (“Upright sprinkler”)

Este tipo de chuveiro é mais utilizado quando é usado o sistema com canalização seca, pois a drenagem da água contida na rede após o uso é mais eficiente.

– Chuveiro lateral ou de parede

O seu defletor é projetado para descarregar a maior parte da água para frente e para os lados. Em virtude disto, este tipo de chuveiro é bastante utilizado para ambientes estreitos como corredores, para a proteção de janelas e vitrines, etc.



FONTE: CENTRAL SPRINKLERS COMPANY *apud* BRENTANO, 2004.

FIGURA 18 – Exemplo de chuveiro automático lateral para a proteção específica de janelas e vitrines.

2.3.2.4 Parâmetros relativos ao projeto de sistemas de chuveiros automáticos

Um correto posicionamento dos chuveiros em relação aos elementos estruturais da edificação é de grande importância para o seu correto funcionamento, pois as interferências na distribuição da descarga de água dos chuveiros por elementos estruturais, dutos, luminárias, trazem prejuízo ao desempenho do sistema.

A NBR 10897/90 retrata alguns procedimentos para garantir a eficiência desejada como a distâncias corretas entre ramais e entre chuveiros nos ramais, a distância entre chuveiros e elementos estruturais como vigas e colunas, entre outros.

2.3.2.5 Dimensionamento dos sistemas de chuveiros automáticos

Os métodos de dimensionamento dos sistemas de chuveiros, pela NBR 10897/90, podem ser realizados pelo uso de tabelas ou pelo cálculo hidráulico. O cálculo pela tabela, de acordo com a NBR 10897/90 é para os riscos leve, ordinário e extraordinário, mas de acordo com Brentano (2004), na prática não é recomendável utilizar o cálculo pela tabela para os riscos extraordinários, em virtude do superdimensionamento.

3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

3.1 Metodologia

A metodologia descreve os procedimentos necessários para a utilização do equacionamento proposto, no dimensionamento das tubulações das Instalações Hidráulicas Prediais de Combate a Incêndio através de hidrantes, mangotinhos e chuveiros automáticos.

3.1.1 Sistema de hidrantes e mangotinhos

3.1.1.1 Roteiro de dimensionamento pelo cálculo hidráulico através do aplicativo Hidro (Belinazo, 1988).

- a) Objetivos;
- b) Considerações gerais;
- c) Critérios de dimensionamento;
- d) Equacionamento do aplicativo Hidro;
- e) Utilização do aplicativo Hidro;
- f) Funcionamento do aplicativo Hidro;

3.1.2 Sistemas de chuveiros automáticos

3.1.2.1 Roteiro de dimensionamento pelo uso de tabelas Normalizadas

- a) Especificação da norma a ser adotada;

- b) Identificação da edificação quanto à classe de risco de ocupação;
- c) Determinação da área de proteção dos chuveiros automáticos;
- d) Determinação da área máxima de cobertura por chuveiro automático;
- e) Determinação dos espaçamentos entre os chuveiros;
- f) Determinação do espaçamento entre os chuveiros no projeto;
- g) Determinação da área de cobertura por chuveiro no projeto;
- h) Determinação do número máximo de chuveiros nos ramais e sub-ramais;
- i) Determinação do “layout” da instalação de chuveiros;
- j) Determinação da vazão mínima do sistema;
- k) Determinação da pressão mínima requerida;
- l) Determinação da capacidade mínima do reservatório;
- m) Determinação das características do grupo moto-bomba;

3.1.2.2 Roteiro de dimensionamento por cálculo hidráulico através do equacionamento proposto (Brentano, 2004).

- a) Especificação da norma a ser adotada;
- b) Identificação da edificação quanto à classe de risco de ocupação;
- c) Determinação da área de aplicação dos chuveiros automáticos;
- d) Determinação da área máxima de cobertura por chuveiro automático;
- e) Determinação dos espaçamentos entre os chuveiros;
- f) Determinação do espaçamento entre os chuveiros no projeto;
- g) Determinação da área de cobertura por chuveiro no projeto;
- h) Determinação da área de aplicação (operação);
- i) Determinação da densidade;
- j) Determinação do número de chuveiros dentro da área de aplicação;

- l) Determinação do lado maior da área de aplicação;
- m) Determinação do número de chuveiros do sub-ramal do lado maior da área de aplicação;
- n) Determinação da vazão e da pressão no chuveiro mais desfavorável hidráulicamente;
- o) Determinação da vazão e da pressão no segundo chuveiro mais desfavorável hidráulicamente;
- p) Determinação da vazão e da pressão dos chuveiros subseqüentes;
- q) Determinação da perda de carga no ramal (trecho do ponto C até a válvula de governo e alarme);
- r) Determinação da pressão requerida na válvula de governo e alarme;
- s) Determinação da perda de carga na tubulação de recalque;
- t) Determinação da perda de carga na tubulação de sucção;
- u) Determinação da pressão requerida na bomba;
- v) Determinação da capacidade da bomba;
- x) Determinação da capacidade do reservatório.

3.2 Desenvolvimento da teoria do dimensionamento

3.2.1 Sistemas de hidrantes e mangotinhos

3.2.1.1 Objetivos

O objetivo deste item é a apresentação do aplicativo Hidro, de BELINAZO (1988), sobre o dimensionamento das tubulações do projeto de sistemas prediais de combate a incêndio para utilização nas instalações das edificações convencionais, através de sistemas sob comando, tendo como

agente extintor a água.

3.2.1.2 Considerações gerais

O dimensionamento do sistema deve ser realizado tendo como base a necessidade de água em cada local, em função da carga de incêndio do risco a proteger.

Para o dimensionamento das tubulações necessita-se conhecer as vazões em todos os trechos, além das pressões necessárias nos pontos de combate e a simultaneidade de utilização dos aparelhos de cada sistema.

Embora seja o diâmetro que interesse ao construtor, o projetista deve conhecer todas as variáveis hidráulicas e os demais parâmetros de cada trecho da instalação, tais como:

- vazões e pressões mínimas nos pontos mais desfavoráveis;
- velocidades da água;
- diâmetro das tubulações;
- perdas de carga unitária e total;
- comprimentos real, equivalente e virtual;
- vazões e pressões reais nos pontos de combate;
- diâmetro das mangueiras;
- diâmetro do orifício dos requintes no ponto de saída;
- comprimento do jato compacto.

3.2.1.3 Critérios de dimensionamento

O dimensionamento das tubulações do sistema hidráulico de combate a incêndio é determinado através do programa de computador Hidro, que

tem a finalidade de facilitar a tarefa do projetista.

O programa proposto é auto-explicativo e pode ser operado com facilidade pelos interessados. Foi desenvolvido para o cálculo da altura do reservatório superior, quando o abastecimento for por gravidade; para o cálculo da pressão de serviço necessária na saída da bomba (altura manométrica), quando o abastecimento for por bombeamento e para determinar a planilha de cálculos, documento necessário para comprovar a realização dos cálculos hidráulicos e seus resultados, que servem de justificativa aos interessados.

3.2.1.4 Equacionamento do aplicativo Hidro

1) Vazão: $Q = A \times V \text{ (m}^3\text{/s)}$

2) Área: $A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \text{ (m}^2\text{)}$

3) Velocidade: $V = 5,471 \cdot D^{0,340} \text{ (m/s)}$

4) Diâmetro: $D = 4,87196 \cdot Q^{0,4273} \text{ (mm)}$

onde a vazão $Q = \text{litros / min}$

5) Fórmula de Fair-Wipple-Hsiao

- tubos de ferro galvanizado e ferro fundido: $J1 = 918,48387 \cdot \frac{Q^{1,88}}{D^{4,88}}$

- tubos de cobre, latão e PVC: $J2 = 664,09235 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$

sendo a $J = \text{perda de carga unitária (m/m)}$, $D = \text{diâmetro (mm)}$ e a $Q = \text{vazão (l/min)}$.

6) Comprimento virtual: $L_v = L_r + L_e \text{ (m)}$

7) Número de diâmetro no trecho: $ND =$ somatório dos valores das peças e conexões transformadas em números de diâmetros das tubulações utilizadas (Tabela nº 06 do Caderno Didático – Belinazo, 1988).

8) Comprimento equivalente em peças: $Le = ND \cdot D$ (m)

9) Comprimento real do trecho: $Lr =$ retirado do projeto (m)

10) Perda de carga total no trecho: $Hp = J \cdot Lv$ (mca)

11) Pressão de serviço a jusante: $P_{SJ} = P_{SM} + DN + Hp$ (mca)

12) Vazão de saída do esguicho (acessórios de saída – ver tabela anexo A) para jato compacto:

$$Q = 0,198296 \cdot d^2 \cdot \sqrt{P_{SJ}}$$

13) Diâmetro do requinte no esguicho (acessórios de saída – ver tabela anexo A):

$$d = 2,245655 \cdot \frac{Q_s^{0,5}}{P_{SJ}^{0,25}}$$

14) Alcance do jato compacto (acessórios de saída – ver tabela anexo A):

$$L = 0,867 \cdot P_{SJ} + 0,0061 \cdot P_{SJ}^2$$

onde: $d =$ diâmetro do requinte (mm);

$Q_s =$ vazão de saída do requinte (l/min);

$P_{SJ} =$ pressão de serviço a jusante (mca).

3.2.1.5 Utilização do aplicativo Hidro

Para a utilização do programa o projetista deverá elaborar anteprojeto de instalação que servirá de base para o levantamento dos dados para entrar no mesmo.

Sugere-se preencher a planilha do programador para facilitar o acesso ao programa (ver Tabela 21).

3.2.1.6 Funcionamento do aplicativo Hidro

1º Passo: chamar o programa HIDRO;

2º Passo: IDENTIFICAÇÃO - fornecer os dados da edificação através da planilha do programador.

3º Passo: Escolher no Menu, o cálculo a ser executado, como altura do reservatório superior ou planilha de cálculo e outros.

4º Passo: ENTRADA DE DADOS - com o auxílio da planilha do programador, fornecer ao programa todos os dados retirados do projeto para cada trecho, tais como: pressão inicial (só no primeiro trecho), identificação do trecho com ponto a montante e ponto a jusante, nome do trecho, material utilizado no trecho, vazão no trecho, somatório do número de diâmetros, comprimento da tubulação e diferença de nível (ver Tabela 21).

OBS: O ponto a montante deverá ser sempre menor do que o ponto a jusante.

5º Passo: TAREFA A REALIZAR - que poderá ser:

A = altura do reservatório superior;

B = Pressão de serviço na saída da bomba (altura manométrica);

C = Planilha de cálculos e demonstrativos dos parâmetros utilizados.

6º Passo: ANÁLISE DOS RESULTADOS - após o lançamento dos dados e da escolha da tarefa, pode-se realizar uma análise dos resultados, pois através de um comando o programa traz a listagem para o monitor da planilha de cálculos resumida, que permite verificar se os resultados estão satisfatórios ou não.

Se houver necessidade de alterar trechos críticos, o programa permite

que se faça as modificações necessárias e automaticamente ele calculará tudo novamente, bastando que sejam solicitados os referidos trechos, e efetuada sua alteração.

OBS: Cada etapa dos trabalhos poderá ser salva em arquivo próprio e aqueles escolhidos para a utilização nos projetos serão identificados para fazer parte do relatório.

A vazão, em certos casos, não necessita dos diâmetros mínimos preconizados pela NBR 13714/2000, desta forma, os trechos que apresentarem diâmetro inferior, devem ser corrigidos a fim de atender a Norma.

7º Passo: SAÍDA DOS RESULTADOS - após a conclusão dos trabalhos, a saída se dará através de um relatório constando as planilhas de cálculo e o demonstrativo de parâmetros, ambos utilizados para o projeto. Ver exemplo do aplicativo exposto no capítulo 4.

3.2.2 Chuveiros Automáticos

3.2.2.1 Dimensionamento pelo uso de tabelas Normalizadas (NBR 10.897)

Os sistemas de chuveiros automáticos dimensionados por tabela são aqueles cujos diâmetros nominais das tubulações são estabelecidos a partir de tabelas definidas pela norma, em função de cada classe de risco de ocupação.

Segundo Brentano (2004), a NFPA 13/2002 preconiza o método de dimensionamento por tabelas somente para as classes de riscos leve e ordinário, para uma área máxima a ser protegida de 465m^2 . Para a classe de risco extraordinário, o dimensionamento por tabelas é permitido somente

para ampliações e modificações de sistemas existentes, anteriormente já dimensionados por esse método.

A seguir é descrito os passos seqüenciais para o dimensionamento por tabelas:

3.2.2.1.1 Especificação da norma a ser adotada

Para se determinar o método de dimensionamento por tabelas é necessário a escolha do tipo de norma a ser utilizado, visto que há uma variação nos critérios de dimensionamento para cada norma, como a americana National Fire Protection Association (NFPA), a inglesa Fire Protection Association (FPA) ou as normas brasileiras.

De acordo com Brentano (2004), qualquer que seja a lei ou norma adotada, esta deverá ser seguida em todos os seus aspectos, não sendo permitido o uso parcial ou misto de leis ou normas.

Este trabalho tem como base de estudo as normas brasileiras, como por exemplo, a NBR 10897/1990.

3.2.2.1.2 Identificação da edificação quanto à classe de risco de ocupação

A NBR 10897/90 apresenta uma classificação de risco para cada ocupação específica da edificação. Esta classificação é válida somente para as instalações de chuveiros automáticos e seus abastecimentos de água. Esta classificação já foi comentada no item 2.3.2.2 deste trabalho.

3.2.2.1.3 Determinação da área de proteção dos chuveiros automáticos

A determinação da área a ser protegida ou área do pavimento para a

aplicação dos chuveiros é importante para a posterior definição da estrutura da instalação. É a área do pavimento obtida pelo projeto arquitetônico.

3.2.2.1.4 Determinação da área máxima de cobertura por chuveiro automático

A determinação da área máxima de cobertura depende do tipo de chuveiro, quanto à descarga de água e posição do defletor.

a) Chuveiros pendentes ou em pé:

A NBR 10897/90 especifica as áreas máximas de cobertura somente para chuveiros do tipo padrão, de acordo com a classe de risco e o tipo de teto, adotando o esquema abaixo:

– Tetos Horizontais

- Ocupações de risco leve

– Tetos lisos ou com vigas e nervuras $A = 18,60 \text{ m}^2$

– Tetos de madeira $A = 12,00 \text{ m}^2$

– Tetos de telhas ou em forma de colméia $A = 15,60 \text{ m}^2$

- Ocupações de risco ordinário $A = 12,00 \text{ m}^2$

- Ocupações de risco extraordinário $A = 8,40 \text{ m}^2$

– Tetos Inclínados ou Curvos

As distâncias e as áreas de cobertura são calculadas em verdadeira grandeza considerando a inclinação do telhado, obedecendo as áreas máximas especificadas acima.

b) Chuveiros laterais

A NBR 10897/90 especifica as áreas máximas de cobertura para o

uso de chuveiros laterais, somente do tipo padrão, para as classes de risco leve e ordinário e o tipo de teto, adotando o esquema abaixo:

– Ocupações de risco leve

- tetos lisos incombustíveis _____ $A = 18,20 \text{ m}^2$

- tetos lisos combustíveis:

- com forração incombustível (gesso, metal) _____ $A = 15,60 \text{ m}^2$

- com forração combustível _____ $A = 11,00 \text{ m}^2$

– Ocupações de risco ordinário

- tetos lisos incombustíveis _____ $A = 9,30 \text{ m}^2$

- tetos lisos combustíveis, com forração combustível ou não
_____ $A = 7,40 \text{ m}^2$

3.2.2.1.5 Determinação dos espaçamentos entre os chuveiros

a) Chuveiros pendentes ou em pé:

De acordo com a NBR 10897/90, os espaçamentos máximos entre chuveiros são apresentados na tabela abaixo, somente para chuveiros do tipo padrão, sem especificar os tipos de teto e material utilizado.

TABELA 6 – Espaçamentos máximos entre chuveiros pendentes ou em pé, segundo a NBR 10897/90.

Classe de Risco	Distâncias máximas entre chuveiros	m
Leve	4,60	
Ordinário	4,60	
Extraordinário	3,70	

A distância máxima dos chuveiros às paredes deve ser igual à metade do espaçamento entre os chuveiros nos sub-ramais, medido perpendicularmente à parede.

Para áreas de com no máximo 75 m² a distância entre a parede e o chuveiro pode ser até de 2,70 m, para risco leve desde que seja respeitada a área máxima de cobertura permitida por chuveiro.

Deve ser de 1,80 m a distância mínima entre chuveiros, para que um chuveiro não interfira no funcionamento do outro, retardando o seu acionamento. Quando não for possível existir esta distância, deve-se colocar um anteparo, constituído de material não-combustível.

A distância mínima dos chuveiros às paredes é de 1,0 m.

b) Chuveiros laterais

Assim como nos chuveiros do tipo pendente ou em pé, os espaçamentos máximos entre chuveiros são apresentados na tabela abaixo, somente para chuveiros do tipo padrão, sem especificar os tipos de teto e material utilizado.

TABELA 7 – Espaçamentos máximos entre chuveiros laterais, segundo a NBR 10897/90.

Classe de Risco	Distâncias máximas entre chuveiros m
Leve	4,30
Ordinário	3,00

A disposição dos sub-ramais de chuveiros laterais do tipo padrão em ambientes com largura entre 4,0m e 9,0m é de dois sub-ramais com chuveiros laterais, que devem ser instalados ao longo de ambas as paredes opostas ou ao longo de ambos os lados do eixo de cada vão, dispostos em forma de ziguezague.

Em ambientes com largura superior a 9,0m é de dois sub-ramais com chuveiros laterais dispostos ao longo de ambas as paredes opostas, além de chuveiros pendentes, do tipo padrão, dispostos adicionalmente nos sub-ramais, a menos que sejam utilizados os chuveiros laterais de duplo alcance (AA) e respeitadas as especificações do fabricante deste tipo de chuveiro.

A distância máxima dos chuveiros laterais às paredes é de metade do espaçamento permitido entre os chuveiros nos sub-ramais e a distância mínima é de 10cm.

3.2.2.1.6 Determinação do espaçamento entre os chuveiros no projeto

Os espaçamentos devem obedecer às dimensões e características de cada ambiente.

Utilizando como parâmetro as recomendações anteriormente citadas quanto ao espaçamento máximo entre chuveiros de um sub-ramal e entre sub-ramais, a área máxima de cobertura por chuveiro e a área do ambiente que está sendo projetado, determina-se o espaçamento “C” entre chuveiros dos sub-ramais e o espaçamento “L” entre os sub-ramais.

3.2.2.1.7 Determinação da área de cobertura por chuveiro no projeto

Para determinar a área de cobertura por chuveiro no projeto, deve-se aplicar a seguinte fórmula:

$A = C \times L$ onde,

A = área de cobertura;

C = espaçamento entre chuveiros dos sub-ramais;

L = espaçamento entre os sub-ramais.

O resultado da multiplicação não pode ser superior à área máxima de cobertura preconizada pela NBR 10897, no item 3.2.2.1.4.

3.2.2.1.8 Determinação do número máximo de chuveiros nos ramais e sub-ramais

A quantidade máxima de chuveiros em uma canalização é determinada através da utilização de tabelas, encontradas na NBR 10897/1990, que relaciona este valor em função do tipo de material que é constituída a tubulação e seu diâmetro nominal.

A área máxima de um pavimento, alimentada por uma coluna, controlada por um jogo de válvulas, de acordo com a classe de risco da ocupação, deve ser conforme a tabela abaixo.

TABELA 8 – Áreas máximas, segundo a NBR 10897/90.

Risco de Ocupação	Área máxima (m²)
Leve	5000
Ordinário	5000
Extraordinário	3000
Pesado	4000

a) Classe de risco leve:

– Chuveiros instalados acima e abaixo de tetos ou forros falsos:

Quando são instalados chuveiros acima e abaixo de forros falsos, alimentados pela mesma rede de tubulações, ou quando um mesmo ramal alimenta chuveiros acima e abaixo de forros falsos, aplica-se a tabela abaixo:

TABELA 9 – Número máximo de chuveiros instalados acima e abaixo de tetos ou forros falsos, que cada diâmetro de segmento de ramal e sub-ramal de tubulação pode atender.

Diâmetro Nominal Mm	Número máximo de chuveiros na canalização	
	Aço galvanizado	Cobre
25	2	2
32	4	4
40	7	7
50	15	18
65	50	65
80	(***)	(***)
100	(***)	(***)

*** - Quando a quantidade acumulativa de chuveiros instalados acima e abaixo de um teto ou forro falso exceder o especificado na tabela acima para canalizações de 63 mm (2 ½”), o diâmetro nominal do primeiro segmento de canalização do sub-ramal que alimenta os chuveiros deve ser aumentado para 75mm (3”) e os demais segmentos devem ser dimensionados pela tabela 10, para o número de chuveiros acima ou abaixo do forro, qual dos dois for maior.

FONTE: NBR 10897/1990.

Quando os chuveiros forem instalados acima e abaixo de um teto ou forro falso, alimentados por um mesmo ramal, o número de chuveiros não deve exceder a oito, tanto por cima como por baixo de qualquer teto ou forro falso.

– Chuveiros instalados todos acima ou todos abaixo de tetos ou forros falsos:

O número máximo de chuveiros, para o dimensionamento de ramais ou sub-ramais, quando instalados todos acima ou todos abaixo de teto ou forro falso, devem obedecer aos valores da tabela abaixo:

TABELA 10 – Número máximo de chuveiros, todos abaixo ou todos acima do teto ou forro falso, que cada diâmetro de segmento de ramal e sub-ramal de tubulação pode atender.

Diâmetro Nominal	Número máximo de chuveiros na canalização	
	Mm	Aço galvanizado
25	2	2
32	3	3
40	5	5
50	10	12
65	30	40
80	60	65
100	100(*)	115(*)
150	275(*)	300(*)

* Quando existirem em um pavimento áreas únicas acima de 1000 m² ou que requeiram mais chuveiros que os especificados para canalizações de 80mm, eles devem ser alimentados por ramais e colunas dimensionadas para a classe de risco ordinária –grupo I. Cada jogo de válvulas pode controlar no máximo 5000m² de pavimento. Forros falsos, áreas de mezaninos, jiraus, plataformas de equipamentos, entre outros, não são computados como pavimentos, desde que não ocupem, em sua somatória, mais de 60% da área total do pavimento.

FONTE: NBR 10897/1990.

b) Classe de risco ordinário:

– Chuveiros instalados todos acima ou todos abaixo de tetos ou forros falsos:

O número máximo de chuveiros, para o dimensionamento de ramais ou sub-ramais, quando instalados todos acima ou todos abaixo de teto ou forro falso, podem ser classificados de acordo com os espaçamentos entre os chuveiros de um sub-ramal ou com o espaçamento entre os sub-ramais:

– Espaçamentos menores ou iguais a 3,70m, conforme a Tabela 11:

TABELA 11 – Número máximo de chuveiros que cada diâmetro de segmento de ramal ou sub-ramal pode atender, quando instalados todos abaixo ou todos acima do teto ou forro falso, para espaçamentos menores ou iguais a 3,70m.

Diâmetro Nominal	Número máximo de chuveiros na canalização	
	mm	Aço galvanizado
25	2	2
32	3	3
40	5	5
50	10	12
65	20	25
80	40	45
100	100	115
150	275	300
200	**	**

** - Cada jogo de válvulas de 200mm de diâmetro nominal pode controlar no máximo 5000m² de pavimento. Forros falsos, áreas de mezaninos, jiraus, plataformas de equipamentos, entre outros, não são computados como pavimentos, desde que não ocupem, em sua somatória, mais de 60% da área total do pavimento. Estas referências servem para as tabelas 11,12 e 13.

FONTE: NBR 10897/1990.

– Espaçamentos maiores que 3,70m, conforme a Tabela 12:

TABELA 12 – Número máximo de chuveiros que cada diâmetro de segmento de ramal ou sub-ramal pode atender, quando instalados todos abaixo ou todos acima do teto ou forro falso, para espaçamentos maiores que 3,70m.

Diâmetro Nominal mm	Número máximo de chuveiros na canalização	
	Aço galvanizado	Cobre
25	2	2
32	3	3
40	5	5
50	10	12
65	15	20
80	30	35
100	100	115
150	275	300
200	**	**

FONTE: NBR 10897/1990.

– Chuveiros instalados acima e abaixo de tetos ou forros falsos:

Quando são instalados chuveiros acima e abaixo de forros falsos, alimentados pela mesma rede de tubulações, ou quando um mesmo ramal alimenta chuveiros acima e abaixo de forros falsos, aplica-se a tabela 13:

TABELA 13 – Número máximo de chuveiros instalados acima e abaixo de tetos ou forros falsos, que cada diâmetro de segmento de ramal e sub-ramal de tubulação pode atender.

Diâmetro Nominal mm	Número máximo de chuveiros na canalização	
	Aço galvanizado	Cobre
25	2	2
32	4	4
40	7	7
50	15	18
65	30	40
80	60	65
100	100	115
150	275	300
200	**	**

FONTE: NBR 10897/1990.

Em relação ao número máximo de chuveiros em um sub-ramal para a classe de risco ordinário, este valor é o mesmo para a classe de risco leve, ou seja, é de 8 chuveiros.

c) Classe de risco extraordinário:

Segundo a NBR 10897/90, o dimensionamento por tabelas para esta classe de risco somente poderá ser executado para reformas ou ampliações de áreas existentes, utilizando, neste caso, a tabela 14.

Para sistemas de chuveiros em edificações novas, o dimensionamento deverá ser feito exclusivamente por cálculo hidráulico.

O número máximo de chuveiros por sub-ramal, todos abaixo do teto, para esta classe de risco, é de seis chuveiros.

TABELA14 – Número máximo de chuveiros instalados acima e abaixo de tetos ou forros falsos, que cada diâmetro de segmento de ramal e sub-ramal de tubulação pode atender.

Diâmetro Nominal	Número máximo de chuveiros na canalização	
	mm	Aço galvanizado
25	1	1
32	2	2
40	5	5
50	8	8
65	15	20
80	27	30
100	55	65
150	150	170
200	(****)	(****)

**** Cada jogo de válvulas de 200mm de diâmetro nominal pode controlar no máximo 3000m² de pavimento para a classe de risco extraordinário e 5000 m² de pavimento para as classes de risco ordinário e extraordinário, desde que a área de risco extraordinário não exceda 3000 m². Forros falsos, áreas de mezaninos, jiraus, plataformas de equipamentos, entre outros, não são computados como pavimentos, desde que não ocupem, em sua somatória, mais de 60% da área total do pavimento.

FONTE: NBR 10897/1990.

3.2.2.1.9 Determinação do “layout” da instalação de chuveiros

A partir desta etapa, já é possível projetar a distribuição da rede de ramais e sub-ramais nos ambientes, que serão distribuídas de acordo com o projeto arquitetônico e estrutural. Existem várias formas de fazer esta

distribuição, ilustradas no anexo B.

3.2.2.1.10 Determinação da vazão mínima do sistema

Conforme a NBR 10897/90, a vazão mínima do sistema é determinada pela tabela abaixo, que relaciona a vazão mínima em função da classe de risco de ocupação.

TABELA 15 – Vazões, tempos de operação e pressões mínimas para o dimensionamento por tabelas, segundo a NBR 10897/90.

Classe de Risco	Vazões	Tempos de	Pressões	Capacidades
	Mínimas (*) l/min	Operação Mínimos (min)	Mínimas (*) kPa	efetivas mínimas (m ³)
Leve	1000	30	110	30
Ordinário (grupo I)	1800	60	110	108
Ordinário (grupo II)	2600	60	110	156
Ordinário (grupo III)	4500	60	250	270
Extraordinário	6000	90	350	540

(*) As vazões e pressões da tabela acima são mínimas e estabelecidas para a válvula de governo e alarme e/ou chave detectora de fluxo de água. No dimensionamento por tabelas deve-se observar o que segue:

- Pressões: adicionar a pressão estática (desnível) entre a válvula de governo e alarme e/ou chave detectora de fluxo de água e o chuveiro mais elevado da instalação;
- Vazões: nas vazões da tabela acima, não estão incluídas as vazões dos sistemas de hidrantes ou mangotinhos quando os sistemas forem conjuntos.

3.2.2.1.11 Determinação da pressão mínima requerida

A pressão mínima requerida pelo sistema, até a válvula de governo e alarme, para o dimensionamento por tabelas também é dada pela tabela 15.

A pressão mínima requerida na válvula de governo e alarme (VGA) é igual a pressão mínima obtida na tabela adicionada da pressão estática

(desnível) entre a válvula de governo e alarme (VGA) e o chuveiro mais elevado ou mais hidraulicamente desfavorável da instalação.

A pressão mínima requerida na bomba é igual a pressão requerida na válvula de governo e alarme (VGA) mais a perda de carga do trajeto da bomba até o chuveiro mais elevado ou hidraulicamente mais desfavorável. Normalmente, o valor desta perda de carga é estimado em 25 a 30% da pressão requerida na VGA.

3.2.2.1.12 Determinação da capacidade mínima do reservatório

A partir da vazão nominal e do tempo de operação mínimo previsto para o funcionamento do sistema, determina-se a capacidade mínima do reservatório, para abrigar a reserva de incêndio, já apresentada na tabela 15.

3.2.2.1.13 Determinação das características do grupo moto-bomba

A partir dos valores da pressão (altura manométrica) e da vazão nominal pode-se fazer a seleção da bomba de incêndio.

De acordo com a NBR 10897/90, para bombas centrífugas horizontais de sucção frontal e turbinas verticais, a pressão máxima sem vazão de 40% acima da pressão nominal e pressão mínima de 65% da pressão nominal, quando a vazão for igual a 150% da vazão nominal.

Para bombas centrífugas horizontais de carcaça bipartida, a pressão máxima sem vazão de 20% acima da pressão nominal e pressão mínima de 65% da pressão nominal, quando a vazão for igual a 150% da vazão nominal.

3.2.2.2 Dimensionamento pelo cálculo hidráulico (BRENTANO, 2004)

O dimensionamento por cálculo hidráulico para sistemas de chuveiros automáticos consiste na determinação dos diâmetros nominais das tubulações de sub-ramais, ramais, através de cálculos de perda de carga, para que a água (densidade em $l/min.m^2$) prescrita para uma área determinada (área de aplicação) , considerando todos os chuveiros funcionando simultaneamente, tenha uma distribuição uniforme, atendendo as características de vazão e pressão determinadas pela norma.

A seguir descreve-se os passos seqüenciais para o dimensionamento através do cálculo hidráulico, conforme o equacionamento hidráulico proposto por Brentano (2004):

3.2.2.2.1 Especificação da norma a ser adotada

Para se determinar o método de dimensionamento por cálculo hidráulico é necessário a escolha do tipo de norma a ser utilizado, visto que há uma variação nos critérios de dimensionamento para cada norma, como a americana National Fire Protection Association (NFPA), a inglesa Fire Protection Association (FPA) ou as normas brasileiras.

Este trabalho tem como base de estudo as normas brasileiras, como por exemplo, a NBR 10897/1990.

3.2.2.2.2 Identificação da edificação quanto à classe de risco de ocupação

A NBR 10897/90 apresenta uma classificação de risco para cada ocupação específica da edificação. Esta classificação é válida somente para as instalações de chuveiros automáticos e seus abastecimentos de água.

Esta classificação foi comentada no item 2.3.2.2 deste trabalho.

3.2.2.2.3 Determinação da área de aplicação dos chuveiros automáticos

No caso da área a ser protegida ser um pavimento grande, como um supermercado, dimensiona-se através de uma área de aplicação a ser determinada e no caso de áreas menores compartimentadas, como um prédio comercial, considera-se o compartimento de classe de risco mais elevado e como área de aplicação todo o compartimento referido.

3.2.2.2.4 Determinação da área máxima de cobertura por chuveiro automático

A determinação da área máxima de cobertura depende do tipo de chuveiro, quanto à descarga de água e posição do defletor.

a) Chuveiros pendentes ou em pé:

A NBR 10897/90 especifica as áreas máximas de cobertura somente para chuveiros do tipo padrão, de acordo com a classe de risco e o tipo de teto, adotando o esquema abaixo:

– Tetos Horizontais

- Ocupações de risco leve

– Tetos lisos ou com vigas e nervuras $A = 21,00 \text{ m}^2$

– Tetos de madeira $A = 12,00 \text{ m}^2$

– Tetos de telhas ou em forma de colméia $A = 15,60 \text{ m}^2$

- Ocupações de risco ordinário $A = 12,00 \text{ m}^2$

- Ocupações de risco extraordinário $A = 9,30 \text{ m}^2$

- Ocupações de risco pesado $A = 9,30 \text{ m}^2$

– Tetos Inclinados ou Curvos

As distâncias e as áreas de cobertura são calculadas em verdadeira grandeza considerando a inclinação do telhado, obedecendo as áreas máximas especificadas acima.

Nas ocupações de risco pesado, quando a densidade for inferior a 10,2 mm/m, a área de cobertura por chuveiro pode ser aumentada para 12 m². Para este tipo de ocupação, a pressão máxima, no chuveiro mais desfavorável, não deve ser superior à 400 kPa.

b) Chuveiros laterais

A NBR 10897/90 especifica as áreas máximas de cobertura para o uso de chuveiros laterais, somente do tipo padrão, para as classes de risco leve e ordinário e o tipo de teto, adotando o esquema abaixo:

– Ocupações de risco leve

• tetos lisos incombustíveis _____ A = 18,20 m²

• tetos lisos combustíveis:

– com forração incombustível (gesso, metal) _____ A = 15,60 m²

– com forração combustível _____ A = 11,00 m²

– Ocupações de risco ordinário

• tetos lisos incombustíveis _____ A = 9,30 m²

• tetos lisos combustíveis, com forração combustível ou não
_____ A = 7,40 m²

3.2.2.2.5 Determinação dos espaçamentos entre os chuveiros

a) Chuveiros pendentes ou em pé:

De acordo com a NBR 10897/90, os espaçamentos máximos entre chuveiros, são apresentados na tabela abaixo, somente para chuveiros do tipo padrão, sem especificar os tipos de teto e material utilizado.

TABELA 16 – Espaçamentos máximos entre chuveiros pendentes ou em pé, segundo a NBR 10897/90.

Classe de Risco	Distâncias máximas entre chuveiros m
Leve	4,60
Ordinário	4,60
Extraordinário	3,70
Pesado	3,70

b) Chuveiros laterais

A NBR 10897/90 especifica os espaçamentos máximos entre chuveiros laterais nos sub-ramais, do tipo padrão, de acordo com a classe de risco, para qualquer tipo de material, conforme a tabela abaixo.

TABELA 17 – Espaçamentos máximos entre chuveiros laterais, segundo a NBR 10897/90.

Classe de Risco	Distâncias máximas entre chuveiros m
Leve	4,30
Ordinário	3,00

A disposição dos sub-ramais de chuveiros laterais do tipo padrão em ambientes com largura entre 4,0m e 9,0m é de dois sub-ramais com chuveiros laterais, que devem ser instalados ao longo de ambas as paredes opostas ou ao longo de ambos os lados do eixo de cada vão, dispostos em forma de ziguezague.

Em ambientes com largura superior a 9,0m é de dois sub-ramais com chuveiros laterais dispostos ao longo de ambas as paredes opostas, além de chuveiros pendentes, do tipo padrão, dispostos adicionalmente nos sub-ramais, a menos que sejam utilizados os chuveiros laterais de duplo alcance (AA) e respeitadas as especificações do fabricante deste tipo de chuveiro.

3.2.2.2.6 Determinação do espaçamento entre os chuveiros no projeto

Os parâmetros necessários para a obtenção do espaçamento entre os chuveiros no projeto, segue os mesmo critérios do item 3.2.2.1.6.

De acordo com Brentano (2004), quando é projetada uma instalação de chuveiros para uma edificação com diversos ambientes isolados, com diferentes riscos, deve-se procurar uma modulação para os espaçamentos, de tal forma que eles possam ser utilizados em toda a edificação, facilitando o dimensionamento e a execução do projeto.

3.2.2.2.7 Determinação da área de cobertura por chuveiro no projeto

Para determinar a área de cobertura por chuveiro no projeto, deve-se aplicar a seguinte fórmula:

$$A = C \times L \text{ onde,}$$

A = área de cobertura;

C = espaçamento entre chuveiros dos sub-ramais;

L = espaçamento entre os sub-ramais.

O resultado da multiplicação não pode ser superior à área máxima de cobertura preconizada pela NBR 10897, no item 3.2.2.1.4.

3.2.2.2.8 Determinação da área de aplicação (operação)

A área de aplicação consiste em uma área de forma retangular, que é parte da área total do pavimento a ser protegido, ou é a área do ambiente de maior risco, se a edificação é formada por vários compartimentos isolados.

Portanto, a área de aplicação é identificada como a área mais hidraulicamente desfavorável em relação a um jogo de válvula de alarme do sistema, ou a área com maior probabilidade de ocorrência de incêndio.

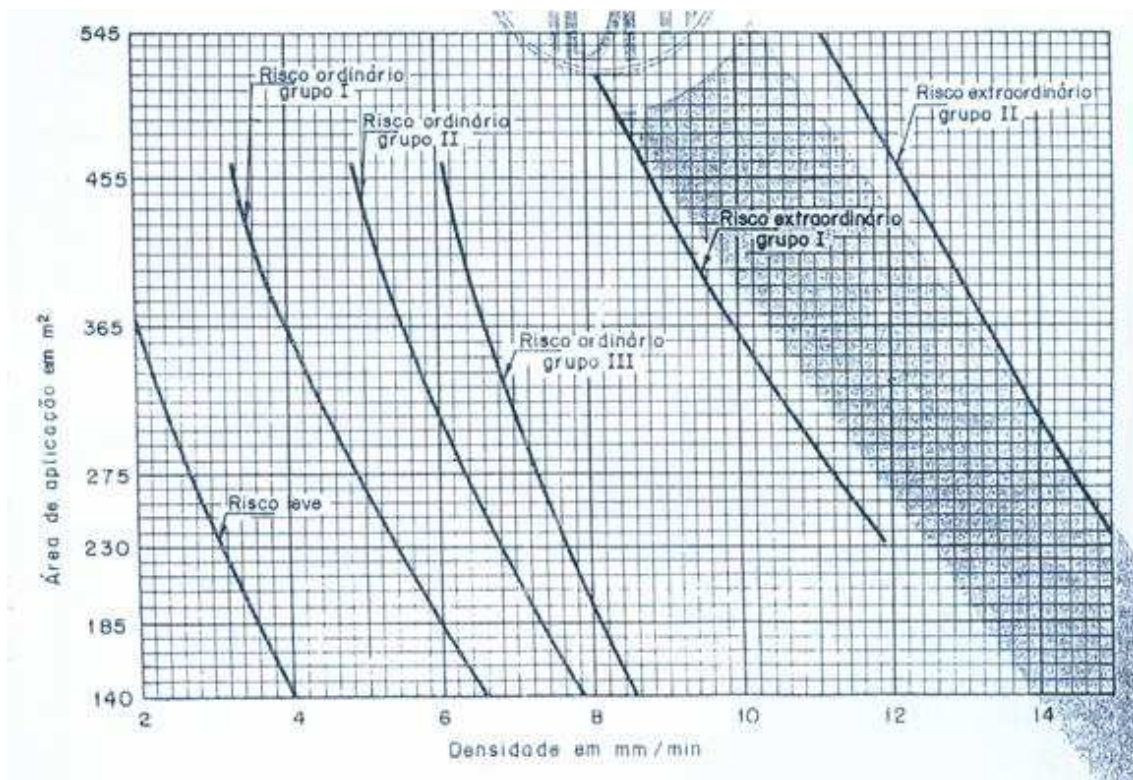
A dimensão do maior lado do retângulo, paralelo aos ramais, é igual a 1,2 vez a raiz quadrada da área de aplicação.

A área de aplicação deve ser sempre considerada como a área de piso. A área coberta por qualquer chuveiro deve ser obtida a partir das distâncias horizontais medidas entre os chuveiros sobre os sub-ramais e entre os sub-ramais.

Quando a área de aplicação consiste em um corredor protegido por um único ramal, deve ser considerada uma quantidade máxima de 5 chuveiros.

Nos sistemas onde os ramais possuem quantidades insuficientes de chuveiros para cumprir 1,2 vez a raiz quadrada da área de aplicação, deve-se incluir os ramais adjacentes alimentados pela mesma subgeral, até atingir a área de aplicação requerida.

No dimensionamento de chuveiros automáticos através do cálculo hidráulico, o cálculo de toda a instalação é feito baseado nesta área de aplicação e sua obtenção é através de curvas que a relacionam com a densidade, de acordo com a classe de risco da edificação, conforme a figura abaixo.



FONTE: NBR 10897/1990.

FIGURA 19 – Curvas Densidade/Área de aplicação em função da classe de risco.

3.2.2.2.9 Determinação da densidade

A densidade é obtida pelo rebatimento da área de aplicação na curva correspondente ao risco da área a ser protegida na figura 19.

Segundo Brentano (2004), para áreas menores que 140 m^2 , em ocupações de risco leve e ordinário, devem ser usadas as densidades correspondentes a 140 m^2 , tiradas da curva da Figura 19, correspondendo aos valores abaixo:

- Risco Leve: $4,1 \text{ l/min.m}^2$
- Risco Ordinário:
 - Grupo I: $6,1 \text{ l/min.m}^2$

- Grupo II: 8,1 l/min.m²
- Grupo III: 8,6 l/min.m²

Para áreas de aplicação menores que 230m², em ocupações de risco extraordinário, deve ser usada a densidade correspondente a 230 m², que são as seguintes:

- Risco Extraordinário:
 - Grupo I: 12,2 l/min.m²
 - Grupo II: 16,3 l/min.m²

As edificações que possuem espaços ocultos combustíveis sem chuveiros automáticos, a área mínima de aplicação deve ser de 280 m².

Quando são projetados chuveiros automáticos para temperaturas mais altas, em ocupações de risco extraordinário, reduz-se em 25 % a área de aplicação, sem modificar a densidade ou então, para um valor não menor que 190 m².

3.2.2.2.10 Determinação do número de chuveiros dentro da área de aplicação

O cálculo para determinação da quantidade de chuveiros dentro de uma área de aplicação é dado pela divisão da área de aplicação pela área de cobertura por chuveiro.

Resultando desse cálculo um número fracionado de chuveiros, faz-se o arredondamento sempre com o número inteiro imediatamente superior.

3.2.2.2.11 Determinação do lado maior da área de aplicação

O lado maior da área de aplicação é paralelo aos sub-ramais e a sua dimensão é igual a 1,2 vez a raiz quadrada da área de aplicação, conforme já foi visto no item 3.2.2.2.8.

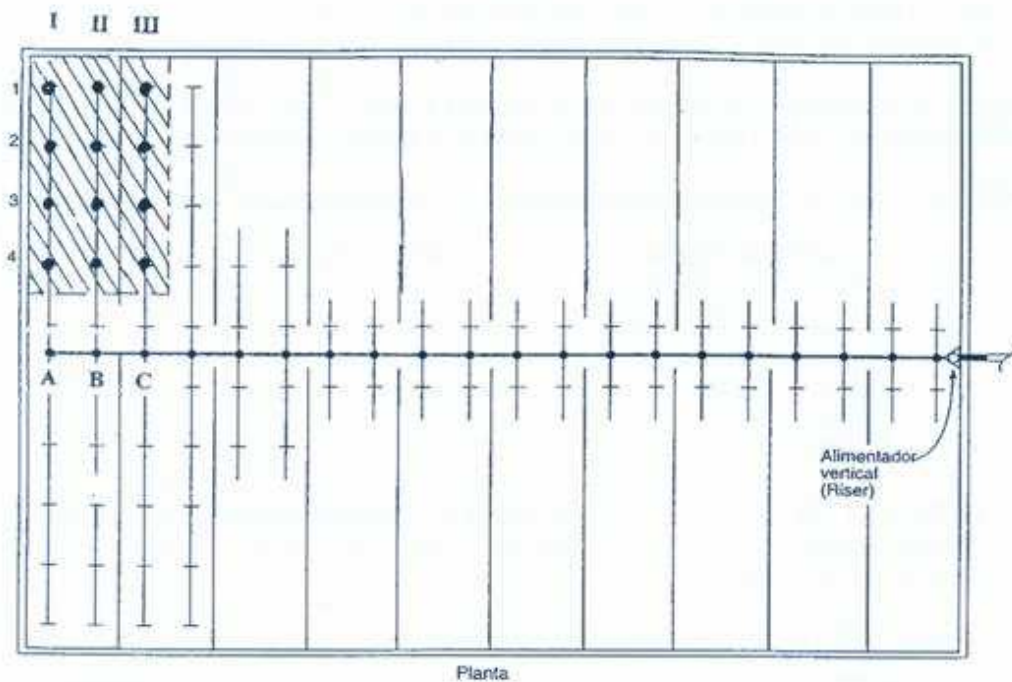
3.2.2.2.12 Determinação do número de chuveiros do sub-ramal do lado maior da área de aplicação

O cálculo do número de chuveiros do sub-ramal do lado maior da área de aplicação é dado pela divisão do lado maior do retângulo pelo espaçamento entre os chuveiros do lado maior.

Resultando desse cálculo um número fracionado de chuveiros, faz-se o arredondamento sempre com o número inteiro imediatamente superior.

3.2.2.2.13 Determinação da vazão e da pressão no chuveiro mais desfavorável hidráulicamente

Será utilizado no processo de cálculo o desenho de uma instalação de chuveiros automáticos com a marcação de uma área de aplicação, para uma demonstração do roteiro de cálculo mais ilustrativa (Figura 20).



FONTE: BRENTANO, 2001.

FIGURA 20 – Exemplo de instalação de sistema de chuveiro automático com a área de aplicação assinalada.

A partir de todos os dados anteriormente obtidos, deve-se estabelecer o valor da vazão e pressão mínima através do seguinte procedimento:

1) Cálculo da vazão do chuveiro mais desfavorável:

$$Q1 = (\text{densidade requerida}) \cdot (\text{área por chuveiro}), \text{ em l/min}$$

2) Cálculo da pressão no chuveiro mais desfavorável:

$$P1 = (10.Q1/K)^2$$

onde:

Q1 = vazão em l/min, no chuveiro mais desfavorável, o número 1.

P1 = pressão no chuveiro 1, em kPa. A pressão mínima em qualquer chuveiro deve ser de 50 kPa.

K = fator “K” (coeficiente de descarga)

O fato “K” ou coeficiente de descarga é determinado através da tabela abaixo, fornecida pela NBR 10897/90, com variação de acordo com o diâmetro nominal do chuveiro.

TABELA 18 – Fator “K” em função do diâmetro nominal do chuveiro, segundo a NBR 10897/90.

Orifício do chuveiro		Fator "K"	Diâmetro nominal com rosca BSPT
Tipo	Diâmetro		
-	mm pol		Mm
Pequeno	11 7/16	57 + 5%	10
Médio	12,7 1/2	80 + 5%	15
Grande	13,5 17/32	115 + 5%	20

3.2.2.2.14 Determinação da vazão e da pressão no segundo chuveiro mais desfavorável hidráulicamente

1) Cálculo da vazão no trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1

A vazão no trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1 (Q21) é idêntica a vazão do chuveiro 1 (Q1), pois, este trecho alimenta somente o chuveiro 1.

2) Determinação do diâmetro do trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1

De acordo com a NBR 10897/90, os diâmetros nominais mínimos, de acordo com o tipo de material, são:

– aço galvanizado: 25 mm (1”)

– cobre: 20mm (3/4”)

Utilizando a fórmula de Forchheimer, calcula-se o diâmetro que atenda a vazão Q_1 e os diâmetros mínimos preconizados pela norma.

$$d_{21} = 1,3 \sqrt{Q_{21}} \sqrt[4]{X}$$

onde:

d_{21} = diâmetro do trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1, em metros;

Q_{21} = vazão no trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1, em m^3/s ;

$X = t/24$ horas, onde “ t ” é o número de horas de funcionamento da bomba no período de 24 horas, cujo valor é normalmente igual à 1 hora.

3) Determinação da perda de carga do trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1 (hp_{21})

Utilizando a fórmula de Hazen-Williams, calcula-se a perda de carga por atrito, no trecho de canalização entre o chuveiro 1 e o chuveiro 2.

$$hp_{21} = \frac{10,65 \times L_{21} \times Q_{21}^{1,85}}{C^{1,85} \times d_{21}^{4,87}}$$

onde:

hp_{21} = perda de carga do trecho entre o chuveiro 1 e o 2, em metros;

L_{21} = comprimento do trecho entre o chuveiro 1 e o 2, em metros;

Q_{21} = vazão no trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1, em m^3/s ;

C = coeficiente de atrito de Hazen-Williams;

d_{21} = diâmetro do trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1, em metros.

O coeficiente de atrito de Hazen-Williams pode ser obtido através da tabela abaixo, de acordo com o tipo de material da tubulação.

TABELA 19 – Coeficiente de Atrito de Hazen-Williams para água potável, segundo a NBR 10897/90.

Material da canalização	Coeficiente de atrito "C"
ferro fundido ou dúctil, sem revestimento interno	100
aço preto (para sistema de canalização seca)	100
aço preto (para sistema de canalização molhada)	120
aço galvanizado	120
ferro fundido ou dúctil, com revestimento de cimento	140
Cobre ou aço inoxidável	150
PVC, polietileno, fibra de vidro com epóxi	150

4) Determinação da pressão do chuveiro 2

$$P2 = P1 + \text{perda de carga } hp21$$

5) Determinação da vazão do chuveiro 2

$$Q2 = \frac{K}{10} \cdot \sqrt{P2}$$

3.2.2.2.15 Determinação da vazão e da pressão dos chuveiros subsequentes

Para o cálculo da pressão e vazão dos chuveiros 3 e 4 ou quantos mais existissem no sub-ramal I da figura 20, determina-se primeiramente a vazão acumulada do trecho, determina o diâmetro do trecho, a perda de carga do trecho e a vazão e pressão no chuveiro, seguindo o mesmo procedimento do item 3.2.2.2.14.

As pressões e vazões dos chuveiros dos outros sub-ramais , o II e o III, que pertencem a área de aplicação, não são calculados, por se encontram em posição correspondente aos chuveiros do sub-ramal I, possuindo então, os mesmos valores.

3.2.2.2.16 Determinação da perda de carga no ramal (trecho do ponto C até a válvula de governo e alarme)

A perda de carga no trecho que vai do ponto C da figura 20 até a VGA é igual a perda de carga no ramal que alimenta os chuveiros da área de aplicação do pavimento, a partir do ponto C, adicionada a perda de carga da coluna que alimenta o ramal, até a válvula de governo e alarme, que é definida pela expressão:

$$h_p (\text{ponto C-VGA}) = (h_{pn} + h_{pe}) \times J (\text{VGA} - \text{ponto C})$$

onde:

$h_p (\text{ponto C-VGA})$ = perda de carga total no trecho do ponto C até a VGA, em m;

h_{pn} = perda de carga normal de todos os segmentos retos do trecho, em m;

h_{pe} = perda de carga equivalente em todas as conexões do trecho, em m;

$J (\text{VGA} - \text{ponto C})$ = perda de carga unitária no trecho, em m.

3.2.2.2.17 Determinação da pressão requerida na válvula de governo e alarme

A pressão na VGA é dada pela expressão:

$$P (\text{VGA}) = P_{\text{pontoC}} + h_p (\text{pontoC} - \text{VGA}) + h_g (\text{ponto C} - \text{VGA})$$

onde:

$P (\text{VGA})$ = pressão mínima na VGA;

$P_{\text{ponto C}}$ = pressão no ponto C;

h_p (ponto C – VGA) = perda de carga no trecho do ponto C até a VGA;

h_g (ponto C – VGA) = desnível ou altura geométrica entre o ponto C e a VGA.

De acordo com a NBR 10897/90, a pressão máxima na VGA é de 1200 kPa (120 m.c.a). Se este valor for ultrapassado, deve-se aumentar o diâmetro do ramal e da coluna a partir do ponto C, para o diâmetro comercial imediatamente superior e refazer o cálculo da perda de carga no trecho, para verificar se o limite de pressão foi obtido.

3.2.2.2.18 Determinação da perda de carga na tubulação de recalque

A tubulação de recalque é compreendida como o trecho entre a VGA e a bomba. O cálculo da perda de carga é o mesmo descrito no item 3.2.2.2.16.

3.2.1.2.19 Determinação da perda de carga na tubulação de sucção

A tubulação de sucção é compreendida como o trecho entre a bomba e o reservatório inferior. O cálculo da perda de carga é o mesmo descrito no item 3.2.2.2.16.

3.2.2.2.20 Determinação da pressão requerida na bomba

A pressão requerida na bomba (representada pela altura manométrica total), é igual à pressão na VGA adicionadas as perdas de carga na tubulação de recalque e sucção, mais o desnível entre o nível de água do

reservatório inferior e a VGA, se houver.

3.2.2.2.21 Determinação da capacidade da bomba

Pode-se estabelecer a capacidade e o tipo de bomba para o sistema, através dos valores da pressão na bomba ou altura manométrica total e da vazão nominal do sistema.

De acordo com a NBR 10897/90, para bombas centrífugas horizontais de sucção frontal e turbinas verticais, a pressão máxima sem vazão de 40% acima da pressão nominal e pressão mínima de 65% da pressão nominal, quando a vazão for igual a 150% da vazão nominal.

Para bombas centrífugas horizontais de carcaça bipartida, a pressão máxima sem vazão de 20% acima da pressão nominal e pressão mínima de 65% da pressão nominal, quando a vazão for igual a 150% da vazão nominal.

3.2.2.2.22 Determinação da capacidade do reservatório

Determina-se a capacidade do reservatório destinado à reserva técnica de incêndio, multiplicando o valor da vazão mínima no ponto C, em L/min pelo tempo de operação mínimo previsto para o funcionamento do sistema, em min.

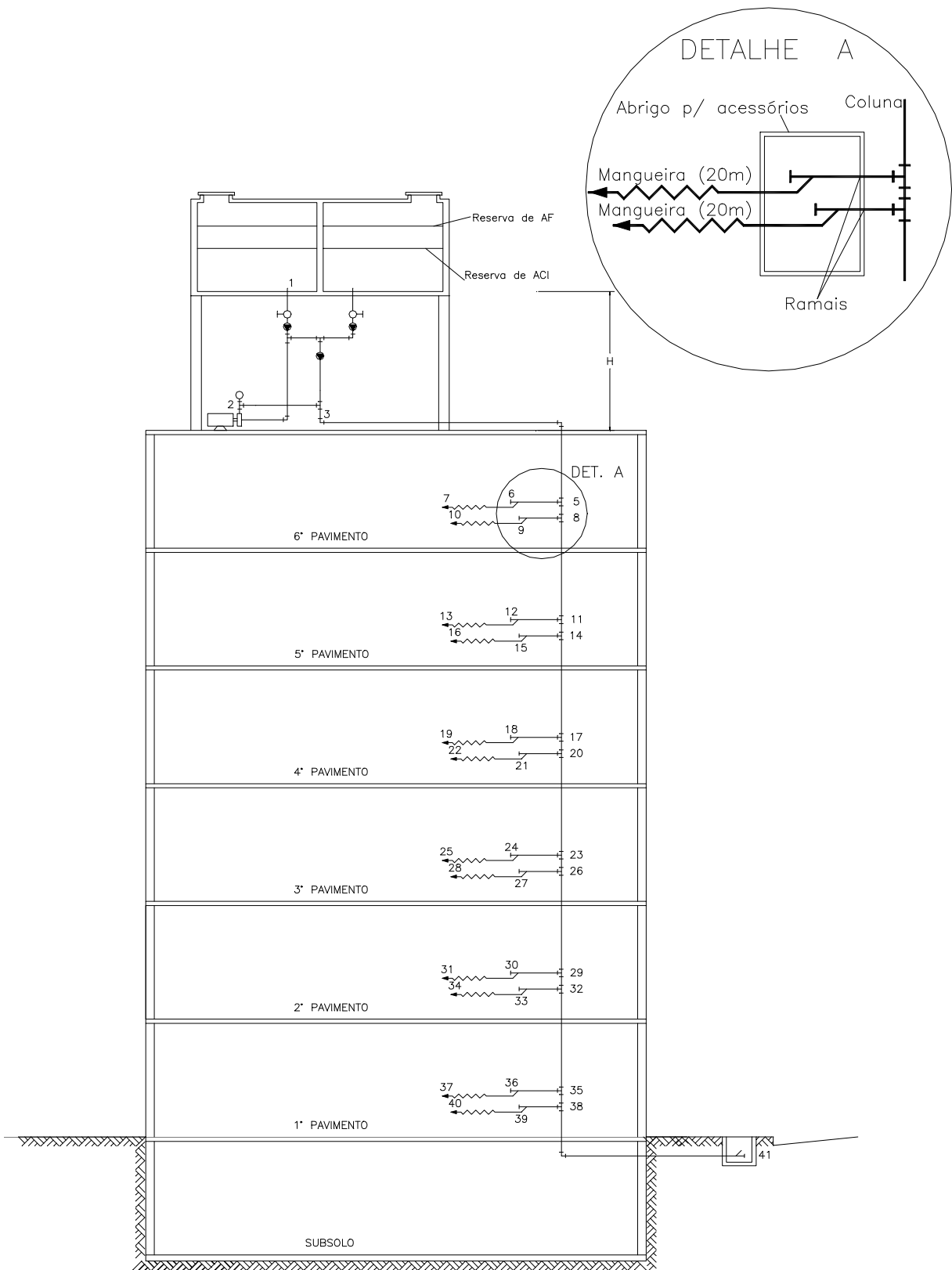
Quando o abastecimento for por gravidade, deve-se verificar a cota mínima do fundo do reservatório, para atender a pressão mínima da norma para o chuveiro mais desfavorável hidráulicamente.

4 RESULTADOS

4.1 Exemplo do aplicativo Hidro para o cálculo hidráulico

Utilizou-se um prédio (Figura 21), cuja classificação é do TIPO 2, segundo a NBR 13.714/2000 que recomenda, neste caso, o uso de Sistemas Hidráulicos Sob Comando por Hidrantes e Mangotinhos.

Para exemplificar o aplicativo utilizou-se somente a rede de hidrantes com parâmetros de vazão e pressão simbólicos.



FONTE: BELINAZO, 1988.

FIGURA 21 – Esquema vertical de uma edificação utilizada como exemplo para o dimensionamento do sistema de hidrantes.

TABELA 20 – Dados do exemplo de edificação utilizada no dimensionamento da rede de hidrantes.

DADOS DO PROJETO			
TRECHO	LR(m)	DN(m)	VAZÃO (l/min)
1-3	LH+H	H	500
2-3	1,5	0,5	500
3-5	5	1,3	500
5-6	0,6	0	250
5-8	0,15	0,15	500
8-9	0,5	0	250
8-11	2,65	2,65	500
11-12	0,6	0	250
11-14	0,15	0,15	500
14-15	0,5	0	250
14-17	2,65	2,65	500
17-18	0,6	0	250
17-20	0,15	0,15	500
20-21	0,5	0	250
20-23	2,65	2,65	500
23-24	0,6	0	250
23-26	0,15	0,15	500
26-29	2,65	2,65	500
29-30	0,6	0	250
29-32	0,15	0,15	500
32-33	0,5	0	250
32-35	2,65	2,65	500
35-36	0,6	0	250

DADOS DO PROJETO (cont.)			
TRECHO	LR(m)	DN(m)	VAZÃO (l/min)
35-38	0,15	0,15	500
38-39	0,5	0	250
38-41	11,5	1,5	500

- comprimento da mangueira = 20 m.
- distância horizontal LH = 4 m
- pressão mínima = 15 m.c.a

Com base no “layout” da edificação, é feita a numeração dos trechos, para posterior montagem da planilha do programador (Tabela 21).

TABELA 21 – Planilha do Programador.

PLANILHA DO PROGRAMADOR								
Psi	PM	PJ	LC	MAT	VAZÕES	SND	LR	DN
15	6	7	G	A	250	0	20,00	0,70
	5	6	G	B	250	22	0,60	0,00
	3	5	A	B	500	80	5,00	1,30
	1	3	B	B	500	134	LH+H	H
	5	8	C1	B	500	20	0,15	0,15
	8	9	G	B	250	22	0,50	0,00
	9	10	G	A	250	0	20,00	0,70
	8	11	C1	B	500	35	2,65	2,65
	11	12	G	B	250	22	0,60	0,00
	12	13	G	A	250	0	20,00	0,70
	11	14	C1	B	500	20	0,15	0,15
	14	15	G	B	250	22	0,50	0,00
	15	16	G	A	250	0	20,00	0,70

PLANILHA DO PROGRAMADOR (cont.)								
Psi	PM	PJ	LC	MAT	VAZÕES	SND	LR	DN
14	17	C1	B	500	35	2,65	2,65	
17	18	G	B	250	22	0,60	0,00	
18	19	G	A	250	0	20,00	0,70	
17	20	C1	B	500	20	0,15	0,15	
20	21	G	B	250	22	0,50	0,00	
21	22	G	A	250	0	20,00	0,70	
20	23	C1	B	500	35	2,65	2,65	
23	24	G	B	250	22	0,60	0,00	
24	25	G	A	250	0	20,00	0,70	
23	26	C1	B	500	20	0,15	0,15	
26	27	G	B	250	22	0,50	0,00	
27	28	G	A	250	0	20,00	0,70	
26	29	C1	B	500	35	2,65	2,65	
29	30	G	B	250	22	0,60	0,00	
30	31	G	A	250	0	20,00	0,70	
29	32	C1	B	500	20	0,15	0,15	
32	33	G	B	250	22	0,50	0,00	
33	34	G	A	250	0	20,00	0,70	
32	35	C1	B	500	35	2,65	2,65	
35	36	G	B	250	22	0,60	0,00	
36	37	G	A	250	0	20,00	0,70	
35	38	C1	B	500	20	0,15	0,15	
38	39	G	B	250	22	0,50	0,00	
39	40	G	A	250	0	20,00	0,70	
38	41	G	B	500	29	11,50	1,50	

A partir da planilha do programador, é feita a entrada no aplicativo, escolhendo a opção F –Cálculo da Altura do Reservatório para ACI,

obtendo a tabela abaixo:

TABELA 22 – Tabela de cálculo para obtenção altura do reservatório.

CALCULO DE (H) DO RESERV. SUPERIOR P/INST/ACI												
Trecho	SP	Q	D	V	LR	LQ	LV	PDM	DN	J	HP	PDJ
6-7	192.9	4.17	53.4	1.86	20.0	0.0	20.0	15.62	0.70	0.066	1.32	15.00
5-6	192.9	4.17	54.3	1.80	0.6	1.2	1.8	15.80	0.00	0.101	0.18	15.62
3-5	771.6	8.33	69.4	2.20	5.0	5.6	10.6	15.69	1.30	0.113	1.19	15.80
1-3	771.6	8.33	69.4	2.20	23.4	9.3	32.7	0.00	19.37	0.113	3.68	15.69

A altura do reservatório para uma pressão de 15 m.c.a. é de 19,367 metros. Como esta altura é inviável na prática, aumentamos os diâmetros do trecho, para obter uma redução desta altura. Esta alteração é apresentada na tabela abaixo:

TABELA 23 – Tabela de cálculo para obtenção altura do reservatório.

CALCULO DE (H) DO RESERV. SUPERIOR P/INST/ACI												
Trecho	SP	Q	D	V	LR	LQ	LV	PDM	DN	J	HP	PDJ
6-7	192.9	4.17	66.6*	1.20	20.0	0.0	20.0	14.76	0.70	0.023	0.46	15.00
5-6	192.9	4.17	69.4*	1.10	0.6	1.5	2.1	14.83	0.00	0.031	0.07	14.76
3-5	771.6	8.33	81.4*	1.60	5.0	6.5	11.5	14.12	1.30	0.052	0.60	14.83
1-3	771.6	8.33	81.4*	1.60	19.7	10.9	30.6	0.00	15.70	0.052	1.58	14.12

A altura do reservatório com os diâmetros ajustados é de 15,705 metros. Como esta altura ainda é muito relevante para o projeto, opta-se pela colocação de uma bomba de reforço, junto ao reservatório superior, com a pressão de 15,705 m.c.a., para obter uma pressão de 15 m.c.a. na

boca do esguicho mais desfavorável.

Para o cálculo da tabela completa, com as vazões e pressões de todos os trechos, é feita a entrada no aplicativo escolhendo a letra C – Cálculo da planilha de ACI, que é apresentada abaixo:

TABELA 24 – Planilha completa obtida do aplicativo, com as vazões e pressões de todos os trechos.

CÁLCULO DA PLANILHA DE COMBATE INCÊNDIO (ACI)												
Trecho	SP	Q	D	V	LR	LQ	LV	PDM	DN	J	HP	PDJ
2-3	771,60	8,33	81,4*	1,60	1,50	9,80	11,30	15,70	0,50	0,052	0,58	15,62
3-5	771,60	8,33	81,4*	1,60	5,00	6,50	11,50	15,62	1,30	0,052	0,60	16,33
5-6	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,60	1,50	2,10	16,33	0,00	0,031	0,07	16,26
6-7	192,90	4,17	66,6*	1,20	20,00	0,00	20,00	16,26	0,70	0,023	0,46	16,50
5-8	771,60	8,33	69,40	2,20	0,20	1,40	1,50	16,33	0,15	0,113	0,17	16,30
8-9	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,50	1,50	2,00	16,30	0,00	0,031	0,06	16,24
9-10	192,90	4,17	66,6*	1,20	20,00	0,00	20,00	16,24	0,70	0,023	0,46	16,48
8-11	771,60	8,33	69,40	2,20	2,70	2,40	5,10	16,30	2,65	0,113	0,57	18,38
11-12	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,60	1,50	2,10	18,38	0,00	0,031	0,07	18,32
12-13	192,90	4,17	44,0*	2,74	20,00	0,00	20,00	18,32	0,70	0,165	3,31	15,71
11-14	771,60	8,33	69,40	2,20	0,20	1,40	1,50	18,38	0,15	0,113	0,17	18,36
14-15	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,50	1,50	2,00	18,36	0,00	0,031	0,06	18,30
15-16	192,90	4,17	44,0*	2,74	20,00	0,00	20,00	18,30	0,70	0,165	3,31	15,69
14-17	771,60	8,33	69,40	2,20	2,70	2,40	5,10	18,36	2,65	0,113	0,57	20,44
17-18	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,60	1,50	2,10	20,44	0,00	0,031	0,07	20,37
18-19	192,90	4,17	44,0*	2,74	20,00	0,00	20,00	20,37	0,70	0,165	3,31	17,76
17-20	771,60	8,33	69,40	2,20	0,20	1,40	1,50	20,44	0,15	0,113	0,17	20,41
20-21	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,50	1,50	2,00	20,41	0,00	0,031	0,06	20,35
21-22	192,90	4,17	44,0*	2,74	20,00	0,00	20,00	20,35	0,70	0,165	3,31	17,74
20-23	771,60	8,33	69,40	2,20	2,70	2,40	5,10	20,41	2,65	0,113	0,57	22,49
23-24	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,60	1,50	2,10	22,49	0,00	0,031	0,07	22,43
24-25	192,90	4,17	44,0*	2,74	20,00	0,00	20,00	22,43	0,70	0,165	3,31	19,82

CÁLCULO DA PLANILHA DE COMBATE INCÊNDIO (ACI) (cont.)

Trecho	SP	Q	D	V	LR	LQ	LV	PDM	DN	J	HP	PDJ
23-26	771,60	8,33	69,40	2,20	0,20	1,40	1,50	22,49	0,15	0,113	0,17	22,47
26-27	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,50	1,50	2,00	22,47	0,00	0,031	0,06	22,41
27-28	192,90	4,17	44,0*	2,74	20,00	0,00	20,00	22,41	0,70	0,165	3,31	19,80
26-29	771,60	8,33	69,40	2,20	2,70	2,40	5,10	22,47	2,65	0,113	0,57	24,55
29-30	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,60	1,50	2,10	24,55	0,00	0,031	0,07	24,48
30-31	192,90	4,17	44,0*	2,74	20,00	0,00	20,00	24,48	0,70	0,165	3,31	21,87
29-32	771,60	8,33	69,40	2,20	0,20	1,40	1,50	24,55	0,15	0,113	0,17	24,52
32-33	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,50	1,50	2,00	24,52	0,00	0,031	0,06	24,46
33-34	192,90	4,17	44,0*	2,74	20,00	0,00	20,00	24,46	0,70	0,165	3,31	21,85
32-35	771,60	8,33	69,40	2,20	2,70	2,40	5,10	24,52	2,65	0,113	0,57	26,60
35-36	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,60	1,50	2,10	26,60	0,00	0,031	0,07	26,54
36-37	192,90	4,17	44,0*	2,74	20,00	0,00	20,00	26,54	0,70	0,165	3,31	23,93
35-38	771,60	8,33	69,40	2,20	0,20	1,40	1,50	26,60	0,15	0,113	0,17	26,58
38-39	192,90	4,17	69,4*	1,10	0,50	1,50	2,00	26,58	0,00	0,031	0,06	26,52
39-40	192,90	4,17	44,0*	2,74	20,00	0,00	20,00	26,52	0,70	0,165	3,31	23,91
38-41	771,60	8,33	69,40	2,20	11,50	2,00	13,50	26,58	1,50	0,113	1,52	26,56

Com os valores de pressão de saída em todos os pontos da rede, entra-se na tabela do anexo A e obtém-se o diâmetro do requinte, entre outros parâmetros finais de projeto. Na tabela abaixo, são apresentados estes valores.

TABELA 25 – Planilha com os parâmetros finais de projeto.

	Pavimento	Esguicho de Saída	Pressão de Saída	Vazão de Saída	Alcance do Jato	Diâmetro do Orifício	Diâmetro da Mangueira	Comprimento da Mangueira
	num	Mca	l/min	M	mm	mm	m	
6	7	16,5	305,3	12,64	19	63	20	
	10	15,63	295,91	11,97	19	63	20	
5	13	15,71	295,91	11,97	19	38	20	
	16	15,69	295,91	11,97	19	38	20	
4	19	17,76	314,42	13,3	19	38	20	
	22	17,74	314,42	13,3	19	38	20	
3	25	19,82	331,9	14,59	19	38	20	
	28	19,80	331,9	14,59	19	38	20	
2	31	21,87	348,5	15,82	19	38	20	
	34	21,85	348,5	15,82	19	38	20	
1	37	23,93	261,11	17,29	16	38	20	
	40	23,91	261,11	17,29	16	38	20	

4.2 Exemplo de dimensionamento de chuveiro automático através do cálculo hidráulico

Exemplo de dimensionamento por cálculo hidráulico, para um edifício de 11 pavimentos, canalização de aço galvanizado, com classe de risco de ocupação Ordinário, grupo II, com as dimensões mostradas na figura abaixo:

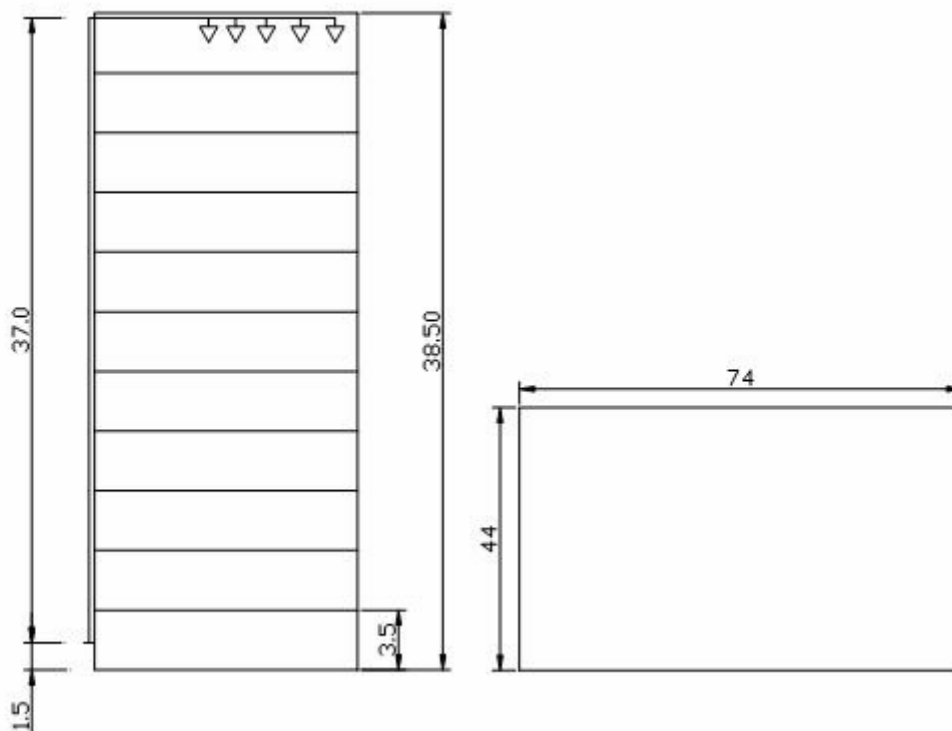


FIGURA 22 – Esquema vertical e planta do pavimento da edificação utilizada como exemplo no dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos.

Passo 1: Especificação da norma a ser adotada

Será adotada a NBR 10897/1990.

Passo 2: Identificação da edificação quanto à classe de risco de ocupação Ordinário, Grupo II.

Passo 3: Determinação da área de aplicação dos chuveiros automáticos

A área do pavimento é igual a $44 \times 74 = 3256 \text{ m}^2$.

Passo 4: Determinação da área máxima de cobertura por chuveiro automático

De acordo com a classe de risco, a área máxima de cobertura por chuveiro é de 12 m^2 .

Passo 5: Determinação dos espaçamentos entre os chuveiros

A distância máxima entre ramais e entre chuveiros e ramais é de 4,6m.

Passo 6: Determinação do espaçamento entre os chuveiros no projeto

Após análise do projeto e da área máxima por chuveiro, optou-se pelo espaçamento entre os chuveiros de 3,20m e entre os ramais de 3,70m.

Passo 7: Determinação da área de cobertura por chuveiro no projeto

$$A = 3,20 \times 3,70 = 11,84 \approx 12,00 \text{ m}^2.$$

Passo 8: Determinação da área de aplicação (operação)

Foi adotada a menor área da figura 19, tendo então, a área de aplicação valor igual a 140 m².

Passo 9: Determinação da densidade

A densidade da área de aplicação é, de acordo com a Figura 19 igual a 7,8 mm/min.

Passo 10: Determinação do número de chuveiros dentro da área de aplicação

$$N_c = \frac{140}{11,84} = 11,82 \approx 12,00$$

Apesar do número restrito de chuveiros na área de aplicação calculada (12 chuveiros), está de acordo com a norma específica e estatisticamente provado que, se os chuveiros da área de aplicação são atendidos satisfatoriamente bem, os chuveiros restantes também serão atendidos.

Passo 11: Determinação do lado maior da área de aplicação

$$L_m = 1,2 \cdot \sqrt{140} = 14,20m$$

Passo 12: Determinação do número de chuveiros do sub-ramal do lado maior da área de aplicação. Abaixo, na Figura 21, é feita a indicação da área de aplicação com os chuveiros numerados.

$$N_c = \frac{14,20}{3,20} = 4,43 \cong 5,00$$

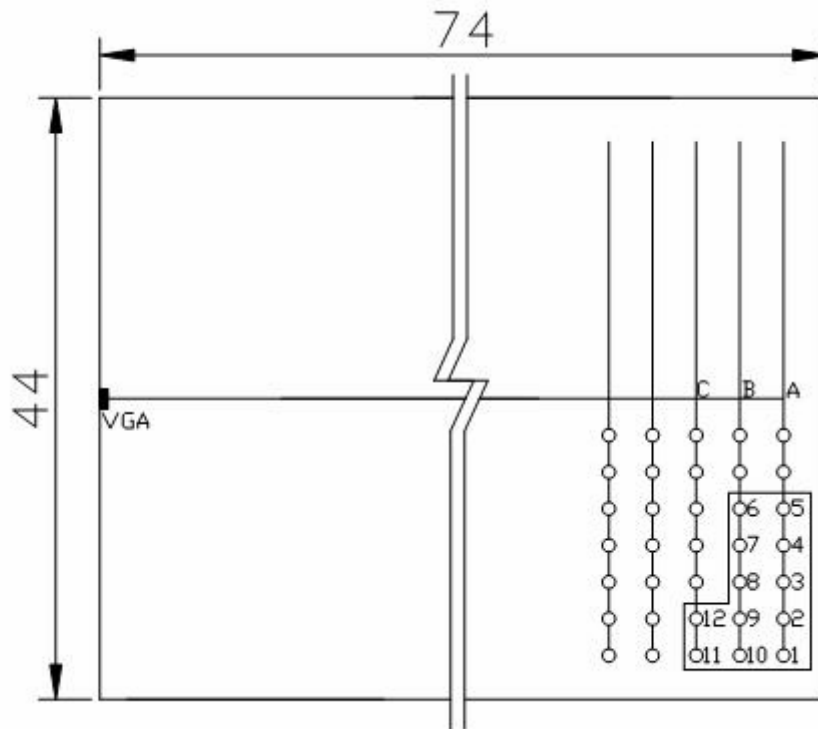


FIGURA 23 – Detalhe no pavimento, da área de aplicação, com os chuveiros numerados.

Passo 13: Determinação da vazão e da pressão no chuveiro mais desfavorável hidráulicamente

A vazão no chuveiro mais desfavorável é igual a $Q1 = 7,8 \times 11,84 = 92,352$ l/min.

De acordo com a Tabela 18, para o diâmetro nominal (adotado) do chuveiro de 15mm, $K = 80$.

A pressão no chuveiro mais desfavorável é igual a

$$P1 = \left(\frac{10.92,352}{80} \right)^2 = 133,264kPa$$

Passo 14: Determinação da vazão e da pressão no segundo chuveiro mais desfavorável hidraulicamente

1) Cálculo da vazão no trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1

$$Q_{21} = Q_1 = 92,352 \text{ l/min.}$$

2) Determinação do diâmetro do trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1

$$d_{21} = 1,3x\sqrt{0,0015392x^4\sqrt{\frac{1}{24}}} = 0,02304m \cong 25mm$$

3) Determinação da perda de carga do trecho do chuveiro 2 até o chuveiro 1
(hp21)

$$hp_{21} = \frac{10,65x3,70x0,0015392^{1,85}}{120^{1,85}x0,025^{4,87}} = 2,226m$$

4) Determinação da pressão do chuveiro 2

$$P_2 = 133,264 + 22,26 = 155,524 \text{ kPa}$$

5) Determinação da vazão do chuveiro 2

$$Q_2 = \frac{80}{10} \cdot \sqrt{155,524} = 99,767 \text{ l/min}$$

Passo 15: Determinação da vazão e da pressão no chuveiro 3

1) Vazão no trecho 3-2, que alimenta o chuveiro 2

$$Q_{32} = Q_{21} + Q_2 = 92,352 + 99,767 = 192,12 \text{ l/min}$$

2) Determinação do diâmetro do trecho do chuveiro 3 até o chuveiro 2

$$d_{32} = 1,3x\sqrt{0,003202x^4\sqrt{\frac{1}{24}}} = 0,03323m \cong 32mm$$

3) Determinação da perda de carga do trecho do chuveiro 3 até o chuveiro 2
(hp32)

$$hp_{32} = \frac{10,65x3,70x0,003202^{1,85}}{120^{1,85}x0,032^{4,87}} = 2,594m$$

4) Determinação da pressão do chuveiro 3

$$P_3 = 155,524 + 25,94 = 181,464 \text{ kPa}$$

5) Determinação da vazão do chuveiro 3

$$Q_3 = \frac{80}{10} \cdot \sqrt{181,464} = 107,767 \text{ l/min}$$

Passo 16: Determinação da vazão e da pressão no chuveiro 4

1) Vazão no trecho 4-3, que alimenta o chuveiro 3

$$Q_{43} = Q_{32} + Q_3 = 192,12 + 107,767 = 299,887 \text{ l/min}$$

2) Determinação do diâmetro do trecho do chuveiro 4 até o chuveiro 3

$$d_{43} = 1,3x\sqrt{0,004998x^4\sqrt{\frac{1}{24}}} = 0,0415m \cong 40mm$$

3) Determinação da perda de carga do trecho do chuveiro 4 até o chuveiro 3

(hp₄₃)

$$hp_{43} = \frac{10,65x3,70x0,004998^{1,85}}{120^{1,85}x0,04^{4,87}} = 1,994m = 19,94kPa$$

4) Determinação da pressão do chuveiro 4

$$P_4 = 181,464 + 19,94 = 201,404 \text{ kPa}$$

5) Determinação da vazão do chuveiro 4

$$Q_4 = \frac{80}{10} \cdot \sqrt{201,404} = 113,533 \text{ l/min}$$

Passo 17: Determinação da vazão e da pressão no chuveiro 5

1) Vazão no trecho 5-4, que alimenta o chuveiro 4

$$Q_{54} = Q_{43} + Q_4 = 299,887 + 113,533 = 413,42 \text{ l/min}$$

2) Determinação do diâmetro do trecho do chuveiro 5 até o chuveiro 4

$$d_{54} = 1,3x\sqrt{0,00689x^4\sqrt{\frac{1}{24}}} = 0,04875m \cong 50mm$$

3) Determinação da perda de carga do trecho do chuveiro 5 até o chuveiro 4
(hp54)

$$hp_{54} = \frac{10,65 \times 3,70 \times 0,00689^{1,85}}{120^{1,85} \times 0,05^{4,87}} = 1,218m = 12,18kPa$$

4) Determinação da pressão do chuveiro 5

$$P_5 = 201,404 + 12,18 = 213,584 \text{ kPa}$$

5) Determinação da vazão do chuveiro 5

$$Q_5 = \frac{80}{10} \cdot \sqrt{213,584} = 116,916 \text{ l/min}$$

Passo 18: Determinação da vazão e da pressão no ponto A

1) A vazão no ponto A é igual a vazão acumulada dos cinco chuveiros

$$Q_A = Q_{54} + Q_5 = 413,42 + 116,916 = 530,336 \text{ l/min}$$

2) Determinação do diâmetro do trecho do ponto A até o chuveiro 5

$$d_{A5} = 1,3 \times \sqrt{0,008839} \times \sqrt[4]{\frac{1}{24}} = 0,05523m \cong 63mm$$

3) Determinação da perda de carga do trecho do ponto A até o chuveiro 5
(hpA5)

$$hp_{A5} = \frac{10,65 \times 1,10 \times 0,008839^{1,85}}{120^{1,85} \times 0,063^{4,87}} = 1,88m = 18,80kPa$$

4) Determinação da pressão do ponto A

$$P_A = P_5 + hp_{A5} = 213,584 + 18,80 = 232,384 \text{ kPa}$$

Passo 19: Determinação do coeficiente de descarga “K”

Calcula-se o coeficiente de descarga “K” no ponto A, pois, o dimensionamento deste local é feito através da fictícia existência de um chuveiro com vazão equivalente a vazão acumulada dos chuveiros da área

de aplicação. Portanto, o coeficiente K_A é calculado pela expressão:

$$K_A = \frac{Q_A}{\sqrt{P_A}} = \frac{530,336}{\sqrt{232,384}} = 34,789 \text{ l/min.kPa}^{-1/2}$$

Como o sub-ramal ligado ao ponto C possui dois chuveiros pertencentes à área de aplicação, será calculado um coeficiente de descarga K para o ponto C.

$$K_{A2} = \frac{Q_2 + Q_{21}}{\sqrt{P_2}} = \frac{99,767 + 92,352}{\sqrt{155,524}} = 15,405 \text{ l/min.kPa}^{-1/2}$$

Passo 20: Determinação da vazão que alimenta os chuveiros do sub-ramal do ponto B

1) A vazão no segmento BA é igual a vazão no ponto A

$$Q_{BA} = Q_A = 530,336 \text{ l/min}$$

2) Determinação do diâmetro do segmento BA. Como a vazão é a mesma do ponto A, o diâmetro é igual a 63 mm.

3) Determinação da perda de carga do segmento BA (h_{pBA})

$$h_{pBA} = \frac{10,65 \times 3,20 \times 0,008839^{1,85}}{120^{1,85} \times 0,063^{4,87}} = 0,54 \text{ m} = 5,42 \text{ kPa}$$

4) Determinação da pressão do ponto B

$$P_B = P_A + h_{pBA} = 232,384 + 5,42 = 237,804 \text{ kPa}$$

5) Determinação da vazão do ponto B, que alimenta todo o segundo sub-ramal

$$Q_B = K_A \cdot \sqrt{P_B} = 34,789 \cdot \sqrt{237,804} = 536,477 \text{ l/min}$$

Este valor corresponde à vazão que alimenta os cinco chuveiros do sub-ramal ligado ao ponto B.

Passo 21: Determinação da vazão que alimenta os chuveiros do sub-ramal do ponto C

1) A vazão do segmento CB

$$Q_{CB} = Q_A + Q_B = 530,336 + 536,477 = 1066,813 \text{ l/min}$$

2) Determinação do diâmetro do segmento CB

$$d_{CB} = 1,3x\sqrt{0,01778x^4\sqrt{\frac{1}{24}}} = 0,0783m \cong 100mm$$

3) Determinação da perda de carga do segmento CB (h_{pCB})

$$h_{pCB} = \frac{10,65x11,20x0,01778^{1,85}}{120^{1,85}x0,1^{4,87}} = 0,728m = 7,28kPa$$

4) Determinação da pressão do ponto C

$$P_C = P_B + h_{pCB} = 237,804 + 7,28 = 245,084 \text{ kPa}$$

5) Determinação da vazão do ponto C, que alimenta todo o terceiro sub-ramal

$$Q_C = KA2.\sqrt{P_C} = 15,405.\sqrt{245,084} = 241,1677l / \text{min}$$

Este valor corresponde à vazão que alimenta os dois chuveiros do sub-ramal ligado ao ponto C.

Passo 22: Determinação da perda de carga no ramal (trecho do ponto C até a válvula de governo e alarme)

1) A vazão do trecho do ponto C até a VGA

$$Q_{C-VGA} = Q_{CB} + Q_C = 1066,813 + 241,168 = 1307,981 \text{ l/min}$$

2) Determinação do diâmetro do trecho do ponto C até a VGA

$$d_{C-VGA} = 1,3x\sqrt{0,0218x^4\sqrt{\frac{1}{24}}} = 0,0867m \cong 100mm$$

3) Determinação da perda de carga do trecho do ponto C até a VGA (hpC-VGA)

Segundo a NFPA 13/2002, quando é feito o cálculo ao longo de uma tubulação de recalque ou coluna de incêndio, são consideradas somente as perdas de carga relativas às conexões e dispositivos pertencentes à área de aplicação, com exceção das mudanças de direção e dispositivos de controle ao longo do trajeto.

$$\text{-comprimento da tubulação} = 64,75 + 37 = 101,75 \text{ m}$$

$$\text{- 1 joelho de } 90^\circ \text{ (d=100mm)} = 4,30 \text{ m}$$

$$hpC - VGA = \frac{10,65 \times 106,05 \times 0,0218^{1,85}}{120^{1,85} \times 0,1^{4,87}} = 10,058 \text{ m} = 100,58 \text{ kPa}$$

Passo 23: Determinação da pressão requerida na válvula de governo e alarme

$$PVGA = PC + hpC-VGA + \text{ desnível C-VGA} = 245,084 + 100,58 + 370 = 715,664 \text{ kPa} < 1200 \text{ kPa}$$

Passo 24: Determinação da perda de carga na tubulação de sucção

De acordo com BRENTANO, alguns projetistas desprezam o cálculo da perda de carga na tubulação de sucção quando a bomba estiver sob sucção positiva (afogada), que é o caso deste exemplo.

Usualmente, utiliza-se o diâmetro da canalização de sucção um diâmetro comercial imediatamente superior à canalização de recalque, o que neste caso, deverá ser igual à 150mm.

Passo 25: Determinação da pressão requerida na bomba (PMB)

$$PMB = PVGA + hpVGA-MB = 715,664 + 15 = 730,664 \text{ kPa}$$

Passo 26: Determinação da capacidade da bomba

Para a especificação da capacidade e do tipo de bomba, são necessários os valores da pressão na bomba (altura manométrica total) e vazão nominal do sistema.

$$PMB = 730,664 \text{ kPa} = 73,06 \text{ m.c.a.}$$

$$Q = 1307,981 \text{ l/min}$$

Passo 27: Determinação da capacidade do reservatório

O volume da reserva técnica de incêndio é determinado pela vazão do conjunto por 60 minutos de funcionamento, que é o tempo mínimo de acordo com a NBR 10897/90.

$$V_{res} = Q \cdot T = 1307,981 \times 60 = 78478,86 \text{ l} = 78,48 \text{ m}^3.$$

5 CONCLUSÕES

Através da pesquisa bibliográfica, pode-se concluir que existe limitação da literatura específica de combate à incêndio, o que torna mais difícil a busca de novos conhecimentos e também a tarefa de projetar.

Embora a legislação vigente já procure se adequar às novas necessidades de prevenção e combate a incêndios, o mesmo não ocorre com o ensino nos cursos de formação, deixando ainda mais distante os conhecimentos e a necessidade.

Este trabalho procurou simplificar alguns procedimentos, principalmente relacionados com o cálculo hidráulico para o dimensionamento das tubulações de projetos de combate a incêndios, trazendo de forma organizada os roteiros dos dimensionamentos dos sistemas de hidrantes e mangotinhos e do sistema de chuveiros automáticos citados no item Metodologia, com aplicação no item Resultados.

Foram estudados dois métodos de cálculo a seguir descritos.

A utilização do aplicativo Hidro, desenvolvido por Belinazo (1988), é importante para o cálculo das tubulações de sistemas sob comando, através de hidrantes e mangotinhos, e automáticos, através de chuveiros, pois simplifica o dimensionamento pela facilidade de aplicação e a rapidez de execução, diminuindo a possibilidade de erros durante o processo.

O exemplo de dimensionamento de chuveiros automáticos por cálculo hidráulico, com o equacionamento proposto por Brentano (2004), também pode ser utilizado para Hidrantes e Mangotinhos.

Espera-se, com este trabalho, contribuir com os técnicos da área,

auxiliando-os na tarefa de dimensionar as tubulações dos Sistemas de Combate a Incêndios.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (RJ).
Mangueira de incêndio – requisitos e métodos de ensaio: NBR – 11861.
Rio de Janeiro, 1998, 16 p.

____. **Proteção contra incêndio por chuveiro automático: NBR – 10897.**
Rio de Janeiro, 1990, 90 p.

____. **Sinalização de segurança contra incêndio e pânico –procedimento:**
NBR – 13435. Rio de Janeiro, 1995.

____. **Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio:**
NBR – 13714. Rio de Janeiro, 2000, 25 p.

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. **Manual de hidráulica.** 8. ed. São Paulo:
Edgard Blucher Ltda, 1988.

BELINAZO, Hélio João. **Dimensionamento das tubulações nas
instalações prediais de água através do uso do computador.** Santa
Maria: Cadernos Didáticos n° 06, UFSM, 1988, 95 p.

BRENTANO, Telmo. **Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios
nas Edificações – Hidrantes, Mangotinhos e Chuveiros Automáticos
(“Sprinklers”).** Porto Alegre: Edipucrs, 2004, 450 p.

CATÁLOGO TÉCNICO. **Central Sprinklers Company.**

COLUSSO, Luziany Dalla Porta. **Sistemas fixos de combate a incêndio.**
Santa Maria, UFSM, 1993. Monografia (Especialização em Engenharia de
Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Santa Maria, 1993.

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias.** 5. ed. Rio de
Janeiro: LTC, 1991, 465 p.

FERIGOLO, Francisco Celestino. **Prevenção de incêndio**. Porto Alegre: Sulina, 1977, 262 p.

HANSSEN, Cláudio A. **Curso de proteção contra incêndios**. Apostila, cópia xerox 74 paginas, Florianópolis, 1993.

INSTITUTO DE RESSEGUROS DO BRASIL. **Tarifa de seguro incêndio do Brasil**. 1982, 358p.

KLEIN, Dario Lauro. **Curso sobre plano de prevenção e proteção contra incêndio (PPCI)**. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas**. Rio de Janeiro, 1982, 770 p.

MAT-INCÊNDIO SUL S. A. **Manual básico de prevenção de incêndios**. s.d.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). Fire Protection Handbook. Eighteenth Edition, 1997, Second printing, 2000. Quincy, Massachusetts. ISMAN, K. E. **Automatic Sprinklers**. Section 6 – Chapter 9.

NR-23. **Manuais de legislação Atlas: segurança e medicina do trabalho**. 54. ed. São Paulo: Atlas, 2004, p. 332-337.

PORTO ALEGRE. **Código de Proteção Contra Incêndio de Porto Alegre, Lei complementar nº 420**. Institui o Código de Proteção contra Incêndio de Porto Alegre e dá outras providências. 4 ed. Porto Alegre, CORAG Assessoria de publicações técnicas, 2001.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Nº 37.380/98 de 28 de abril de 1997. Aprova as normas técnicas de prevenção de incêndio e determina outras providências**. Porto Alegre, p. 1-7.

SANTA MARIA. **Lei Municipal Nº 3301-91 de 22 de janeiro de 1991**.

Disposições sobre normas de prevenção e proteção contra incêndio.

Santa Maria, 29 p.

SILVEIRA, A. M. da. O que você deve saber e fazer para evitar prejuízos: prevenção e combate a incêndios. Florianópolis, Editograf, 1976, 144 p.

SIMÕES, Nédi Cassol. Saídas de emergência em edifícios. Santa Maria, UFSM, 2000. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

SUSEP. Circular N° 06 de 16 de março de 1992. Aprova regulamento para a concessão de descontos previstos na Tarifa de Seguro Incêndio do Brasil (TSIB), e dá outras providências. 28 p.

UMINSKI, Alessandra Saldanha de Carvalho. Interpretação e aplicação das normas de combate a incêndio em projetos de edificações. Santa Maria, UFSM, 2000. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

A N E X O S

ANEXO A

**TABELAS UTILIZADAS NO APLICATIVO HIDRO – VAZÕES,
VELOCIDADE E ALCANCE DO JATO EM FUNÇÃO DA PRESSÃO**

ANEXO B
DISPOSIÇÕES DE REDES HIDRÁULICAS DE CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS DE DISTRIBUIÇÃO ABERTA

Disposições de redes hidráulicas de chuveiros automáticos de distribuição aberta (FONTE: NFPA 13/2002 apud BRENTANO,2004).

Figura 3.4.a - Alimentação central, com ramal central. É a disposição mais econômica, pois utiliza tubulações e conexões com diâmetros menores;

Figura 3.4.b - Alimentação lateral central, com ramal lateral;

Figura 3.4.c - Alimentação central pela extremidade, com ramal central;

Figura 3.4.d - Alimentação lateral pela extremidade, com ramal lateral;

Figura 3.4.e - Alimentação lateral pela extremidade, com dois ramais;

Figura 3.4.f - Alimentação lateral central, com dois ramais.

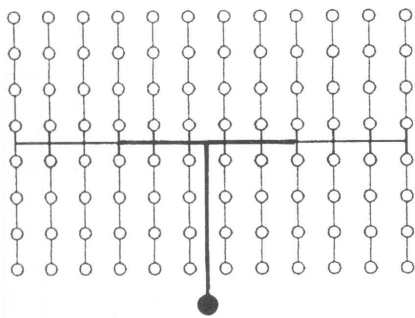


Figura 3.4.a

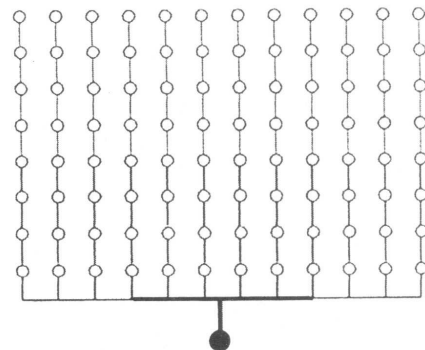


Figura 3.4.b

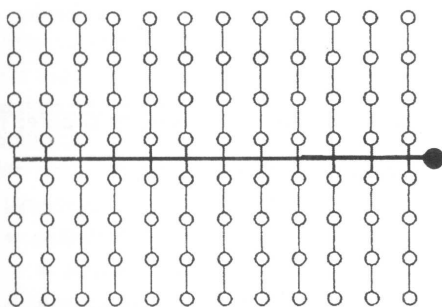


Figura 3.4.c

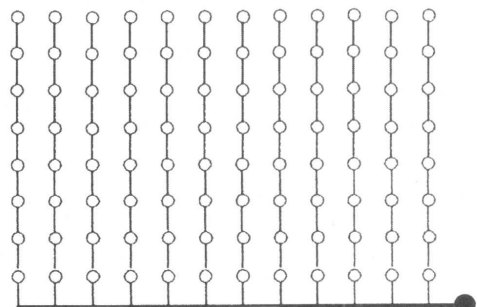


Figura 3.4.d

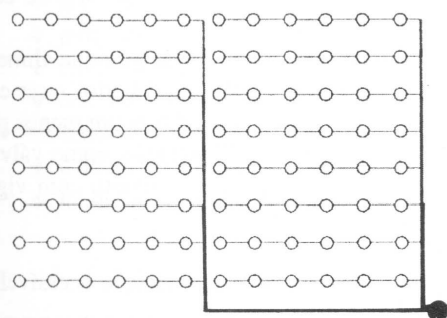


Figura 3.4.e

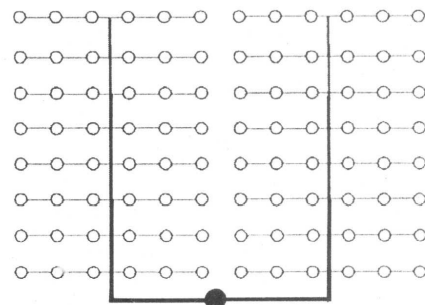


Figura 3.4.f