

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

Lauro Mario

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE OS
SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS DE TUBO MOLHADO: SISTEMA ABERTO
E SISTEMA FECHADO**

Porto Alegre
dezembro de 2007

LAURO MARIO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE OS
SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS DE TUBO MOLHADO: SISTEMA ABERTO
E SISTEMA FECHADO**

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

Orientador: Gino Roberto Gehling

Porto Alegre
dezembro de 2007

LAURO MARIO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE OS
SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS DE TUBO MOLHADO: SISTEMA ABERTO
E SISTEMA FECHADO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovada em sua forma final pelo Professor/a Orientador/a e pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 07 de dezembro de 2007

Prof. Gino Roberto Gehling
Dr., Universitat Politècnica Catalunya
Orientador

Prof. Inácio Benvegnu Morsch
Chefe do DECIV

BANCA EXAMINADORA

Major Bombeiro Carlos Alberto Prado de Andrade, Chefe da SPI do 8º CRB
Curso de Especialização para Oficial Bombeiro – ESBO

Prof. Gino Roberto Gehling, UFRGS
Dr., Universitat Politècnica Catalunya

Prof. Telmo Brentano, PUCRS
Eng. Civil, UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, Ana Mario e Laurindo Mario, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Gino Roberto Gehling, orientador deste trabalho, pelo grande auxílio em especial nas teorias necessárias para efetuar os dimensionamentos.

Agradeço à Prof.^a Carin Maria Schmitt, pela grande ajuda nas correções deste trabalho e orientações nas apresentações.

Agradeço ao Prof. Renato Thadeu Hernandez, pelas orientações sobre a aplicação do sistema de rede hidráulica urbana.

Agradeço ao Major Carlos Alberto Prado de Andrade, pelas orientações práticas e legais dos chuveiros automáticos.

Agradeço ao Prof. Telmo Brentano, pelas palestras e orientações sobre chuveiros automáticos.

Agradeço ao Eng. Laurindo Juarez Mario, pela sugestão do tema e auxílio nas pesquisas.

Agradeço ao Eng. Luciano Kayser Vargas, pela correção no texto em inglês.

Agradeço a Adv. Ana Conceição Mario, pelas correções iniciais no texto.

Agradeço, finalmente, a todos os professores do departamento de engenharia civil, pela transmissão de conhecimentos durante o período acadêmico.

O dinheiro nunca falta para os nossos caprichos; somente discutimos o preço das coisas úteis e necessárias.

Honoré de Balzac

RESUMO

MARIO, L. **Análise Comparativa de Custos Entre os Sistemas de Distribuição de Chuveiros Automáticos de Tubo Molhado: Sistema Aberto e Sistema Fechado.** 2007. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Este trabalho discorre acerca da análise de custo entre os sistemas do tipo aberto e do tipo fechado aplicados a chuveiros automáticos de tubo molhado. Os sistemas diferem no arranjo das canalizações denominadas de subgerais que fazem a alimentação aos ramais dos chuveiros automáticos. São quatro disposições existentes, mencionadas de forma implícita pela Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) e de forma explícita na NFPA 13 (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2002), denominadas de: anel, grelha, sistema por tabela e sistema por cálculo hidráulico (estes dois últimos são os nomes técnicos para as disposições conhecidas como “espinha de peixe”). O custo é obtido a partir do levantamento quantitativo dos materiais necessários para a instalação dos referidos sistemas nos projetos padrões. Os projetos padrões são dois modelos de edificação iguais, com o sistema de chuveiros automáticos devidamente posicionados conforme a Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990), porém com dimensões distintas. As canalizações denominadas de subgerais são dimensionadas a partir de fórmulas e tabelas fornecidas pela referida norma, com alguns conceitos e simplificações amplamente difundidas no meio acadêmico. Depois do dimensionamento dos sistemas nos projetos padrão, fez-se uma pesquisa de mercado com os fornecedores de materiais e, com a média dos preços pesquisados, foram compostos os custos. O trabalho comprova que o sistema do tipo fechado apresenta o menor custo, representando até a metade do preço do sistema aberto. Este fato justifica a adoção deste tipo de cálculo pelos projetistas, apesar de ser o mais trabalhoso.

Palavras-chave: chuveiros automáticos, anel, espinha de peixe, grelha, custo.

ABSTRACT

MARIO, L. **Análise Comparativa de Custos Entre os Sistemas de Distribuição de Chuveiros Automáticos de Tubo Molhado: Sistema Aberto e Sistema Fechado.** 2007. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, UFGRS, Porto Alegre.

Comparative Costs Analysis Between Wet Pipe Sprinkler Distribution Systems: Open System and Closed System

In this work we deal with cost analysis comparing the open and the closed distribution systems applied to wet pipe sprinkles. The systems differ in the arrangement of pipes called cross-main that provide the power to sprinklers turnouts. There are four existing provisions mentioned implicitly NBR 10897 norm (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) and explicitly in NFPA 13 (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2002), denominated as: looped, gridded, the system for table and by calculating hydraulic system (last two are known as “tree”). The cost will be obtained from a quantitative survey of the materials necessary for the installation of such systems in the standard projects. Standard Projects will be two models of the same building with sprinklers system properly positioned as a standard NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990), but with different dimensions. The pipes known as cross-main will be sized from formulas and tables provided by the specific standard, with some simplifications concepts widely disseminated in academia. With the design of the systems, a search on the market with materials suppliers and by the price average we composed the costs.

The present work proves that the closed type system presents the lowest cost and can be about the half of the price of the open system. This fact justifies the designer’s choice for type of calculation although it is more laborious.

Key-words: sprinklers, loop, tree, grid, cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: delineamento do trabalho	18
Figura 2: exemplo do sistema	19
Figura 3: planta baixa da edificação	22
Figura 4: corte da edificação	23
Figura 5: modelo de sistema molhado	25
Figura 6: chuveiro automático do tipo spray	26
Figura 7: gráfico área de aplicação/densidade	27
Figura 8: dimensões para o cálculo de área de aplicação	30
Figura 9: distribuição dos chuveiros no projeto de 5000 m ²	31
Figura 10: distribuição dos chuveiros no projeto de 3000 m ²	32
Figura 11: isométrico da rede aberta	34
Figura 12: rede aberta na edificação de 3000 m ²	35
Figura 13: rede aberta na edificação de 5000 m ²	36
Figura 14: diâmetro dos canos do sistema por tabela no projeto de 3000 m ²	39
Figura 15: diâmetro dos canos do sistema por tabela no projeto de 5000 m ²	40
Figura 16: diâmetro dos canos por cálculo hidráulico no projeto de 3000 m ²	44
Figura 17: diâmetro dos canos por cálculo hidráulico no projeto de 5000 m ²	45
Figura 18: rede malhada	46
Figura 19: isométrico do sistema de anel	47
Figura 20: diâmetro dos canos do sistema de anel no projeto de 3000 m ²	49
Figura 21: diâmetro dos canos do sistema de anel no projeto de 5000 m ²	50
Figura 22: isométrico do sistema grelha	51
Figura 23: diâmetro dos canos do sistema grelha no projeto de 3000 m ²	55
Figura 24: diâmetro dos canos do sistema grelha no projeto de 5000 m ²	56
Figura 25: custo das canalizações	60
Figura 26: custo das singularidades	61
Figura 27: custo total dos sistemas	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: áreas máximas por pavimento, controlada por um jogo de válvulas, por classe de risco	21
Quadro 2: características das edificações	22
Quadro 3: diâmetro nominal do chuveiro	26
Quadro 4: resumo das características do sistema	28
Quadro 5: tabela de dimensionamento para risco ordinário	37
Quadro 6: tabela de pressões	38
Quadro 7: dimensionamento por cálculo hidráulico	42
Quadro 8: dimensionamento por anel	48
Quadro 9: dimensionamento por grelha para 3000 m ²	52
Quadro 10: dimensionamento por grelha para 5000 m ²	53
Quadro 11: listagem das canalizações para 3000 m ²	57
Quadro 12: listagem das canalizações para 5000 m ²	57
Quadro 13: singularidades para 3000 m ²	58
Quadro 14: singularidades para 5000 m ²	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 METODOLOGIA	15
2.1 PROBLEMA DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVO GERAL	15
2.3 OBJETIVO SECUNDÁRIO	15
2.4 HIPÓTESES	16
2.5 PRESSUPOSTOS	16
2.6 DELIMITAÇÕES	16
2.7 LIMITAÇÕES	16
2.8 DELINEAMENTO	17
3 CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	19
3.1 DOCTRINA	19
3.2 NORMATIZAÇÃO E LEGISLAÇÃO	20
4 EDIFICAÇÃO	22
5 PADRONIZAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO	24
5.1 SISTEMA	24
5.2 OCUPAÇÃO	25
5.3 TUBULAÇÕES	25
5.4 CHUVEIRO	26
5.5 DENSIDADE E ÁREA DE APLICAÇÃO	27
5.6 RESUMO	27
6 DISTRIBUIÇÃO DOS CHUVEIROS	29
7 ÁREA DE APLICAÇÃO DOS CHUVEIROS APÓS A DISTRIBUIÇÃO	30
8 REDE ABERTA	33
8.1 SISTEMA POR TABELA	37
8.2 SISTEMA POR CÁLCULO HIDRAÚLICO	41
9 REDE FECHADA	46
9.1 SISTEMA POR <i>LAYOUT</i> DE ANEL	47
9.2 SISTEMA POR <i>LAYOUT</i> DE GRELHA	51
10 LISTA DE MATERIAIS DE CADA SISTEMA	57
11 COMPARATIVO DE CUSTOS	60
12 NBR 10897/2007	62

13 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	64
13.1 CONCLUSÕES	64
13.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	66
REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

O chuveiro automático de extinção de incêndio (sprinkler) é um equipamento fundamental no primeiro combate ao fogo e sem a necessidade da ação humana. É um aparelho constituído de pequenos bocais com elementos termo sensíveis, solda ou líquido altamente expansível dentro de um bulbo de vidro, que entra em funcionamento quando a temperatura local ultrapassa certo nível. Ao entrar em funcionamento, com o rompimento do bulbo, é liberada a água da canalização que bate em um defletor criando uma névoa para apagar o fogo em uma determinada área.

Há mais de cem anos os chuveiros automáticos já vêm sendo utilizados como uma maneira ativa ao combate do incêndio. Existem registros da sua utilização que datam do ano de 1812 no Theatre Royal, em Drury Lane, em Londres.

O INMETRO em seu site ressalta que “a sua importância pode ser demonstrada por dois fatos: (1) o tamanho que a cada dia os edifícios, comerciais e residenciais, ganham, tornam o trabalho do corpo de bombeiros de chegar ao foco do incêndio, cada vez mais difícil; (2) muitas partes do edifício não são de passagem frequentes, podendo ficar despercebido um início de incêndio. Por estes motivos, é fundamental o combate ao fogo desde o seu princípio e o sprinkler é o principal equipamento no desempenho deste papel”.

Nas estatísticas do European Statistics sobre um período de 10 anos, fornecida no site da BAFSA (British Automatic Fire Sprinkler Association), temos os seguintes dados:

- a) 99% dos incêndios foram controlados apenas por chuveiros automáticos;
- b) 60% dos incêndios foram controlados pelo *spray* de não mais que quatro chuveiros automáticos.

Então porque não é utilizado?

São mencionados dois motivos para a sua não utilização. O primeiro seria que no caso do seu acionamento acidental causaria sérios problemas nos aparelhos elétricos, porém existem

várias soluções como, por exemplo, a proteção do aparelho. O segundo e principal motivo apontado na maioria das bibliografias e foco do nosso trabalho é quanto ao seu custo.

A Norma NBR 10897 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1990) divide um sistema de chuveiros automáticos em três partes: reservatório, sistema de alarme e canalizações - subgerais e ramais. As canalizações é a única parte do sistema que comporta variações: a Norma NBR 10897 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1990) contempla várias disposições de subgerais.

Para obter a opção de menor custo é necessária uma análise comparativa de custos entre os métodos de distribuição de chuveiros automáticos. Entre os sistemas de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado existentes são analisados quatro sistemas, a saber: anel, grelha, sistema por tabela e sistema por cálculo hidráulico.

A análise dos custos entre os quatro métodos de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado mencionados percorre quatro etapas: dimensionamento, discriminação de materiais, orçamento e análise de custos. O detalhamento dos sistemas é feito em dois projetos arquitetônicos fictícios. Após o dimensionamento são levantados os materiais. Com esta listagem é feita a composição dos custos através de uma pesquisa de mercado. Finalmente com o orçamento tem-se a etapa conclusiva: análise comparativa de custos entre os sistemas de distribuição de chuveiros automáticos.

Assim, com este trabalho temos, além do roteiro de dimensionamento de cada sistema, a definição do sistema de menor custo.

2 METODOLOGIA

O ponto de partida deste trabalho está no dimensionamento, para dois projetos arquitetônicos fictícios, dos quatro sistemas de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado: anel, grelha, sistema por tabela e sistema por cálculo hidráulico. Para o dimensionamento dos sistemas, primeira etapa do trabalho, busca-se as fórmulas amplamente difundidas no meio acadêmico e na bibliografia especializada.

Com o dimensionamento dos sistemas passou-se para a etapa dos levantamentos: primeiro foram levantados os materiais de cada um dos sistemas e logo após pesquisaram-se os preços destes materiais no mercado.

Com o resultado dos levantamentos passou-se para a terceira e conclusiva etapa: a análise dos preços.

2.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa deste trabalho é descobrir a diferença de custos entre os métodos escolhidos de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado.

2.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é a verificação de qual dos quatro métodos usados de distribuição de chuveiros em rede do sistema de tubo molhado: anel, grelha, sistema por tabela e sistema por cálculo hidráulico, apresenta o menor custo.

2.3 OBJETIVO SECUNDÁRIO

Para obter a análise de custo torna-se necessário fazer um roteiro de dimensionamento para os quatro métodos.

2.4 HIPÓTESES

É considerado que o custo do sistema é proporcional ao diâmetro da canalização. Assim, o método que apresente os maiores diâmetros, para o mesmo padrão de edificação, deve apresentar o maior custo.

2.5 PRESSUPOSTOS

É considerada a manutenção da perda de carga, feita apenas com a variação de diâmetros das canalizações.

2.6 DELIMITAÇÕES

O dimensionamento é feito através de quatro modelos de distribuição de subgerais para chuveiros automáticos de tubo molhado da Norma NBR 10897 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1990), sendo dois do sistema fechado, o anel e a grelha, e dois do sistema aberto, o sistema por tabela e o sistema por cálculo hidráulico. Todos eles têm seu dimensionamento efetuado a partir das características do uso das canalizações molhadas e aplicados a uma edificação retangular.

2.7 LIMITAÇÕES

Os custos entre os quatro métodos de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado (anel, grelha, sistema por tabela e sistema por cálculo hidráulico), são obtidos através do dimensionamento de duas edificações: uma com 3000 m² e outra com 5000 m². As duas edificações são representadas graficamente em planta baixa com o formato retangular: com dois lados menores congruentes e dois lados maiores, iguais ao dobro dos menores, também congruentes, formando ângulo de 90°. Não são analisados os custos em outros formatos. Também não é apresentada a disposição das vigas e pilares para que não se torne um fator de influência no posicionamento dos chuveiros.

2.8 DELINEAMENTO

O trabalho é constituído das seguintes etapas:

- a) Pesquisa bibliográfica: o dimensionamento através dos quatro métodos escolhidos de distribuição de chuveiros em rede do sistema de tubo molhado (anel, grelha, sistema por tabela e sistema por cálculo hidráulico), é apoiado nas fórmulas amplamente difundidas no meio acadêmico e na bibliografia especializada.
- b) Dimensionamento dos sistemas: o dimensionamento de cada sistema é feito para dois projetos arquitetônicos fictícios.
- c) Lista de materiais: com o dimensionamento procede-se o levantamento dos materiais de cada projeto.
- d) Pesquisa do custo dos materiais e orçamento: com a lista dos materiais, são levantados os custos médios de mercado e obtido a somatório dos custos destes materiais para cada projeto.
- e) Comparação e conclusão: com o resultado dos custos levantados passa-se para a etapa da análise dos custos entre os quatro métodos escolhidos de distribuição de chuveiros em rede do sistema de tubo molhado (anel, grelha, sistema por tabela e sistema por cálculo hidráulico).

No fluxograma da figura 1 está detalhada a seqüência das etapas deste trabalho.

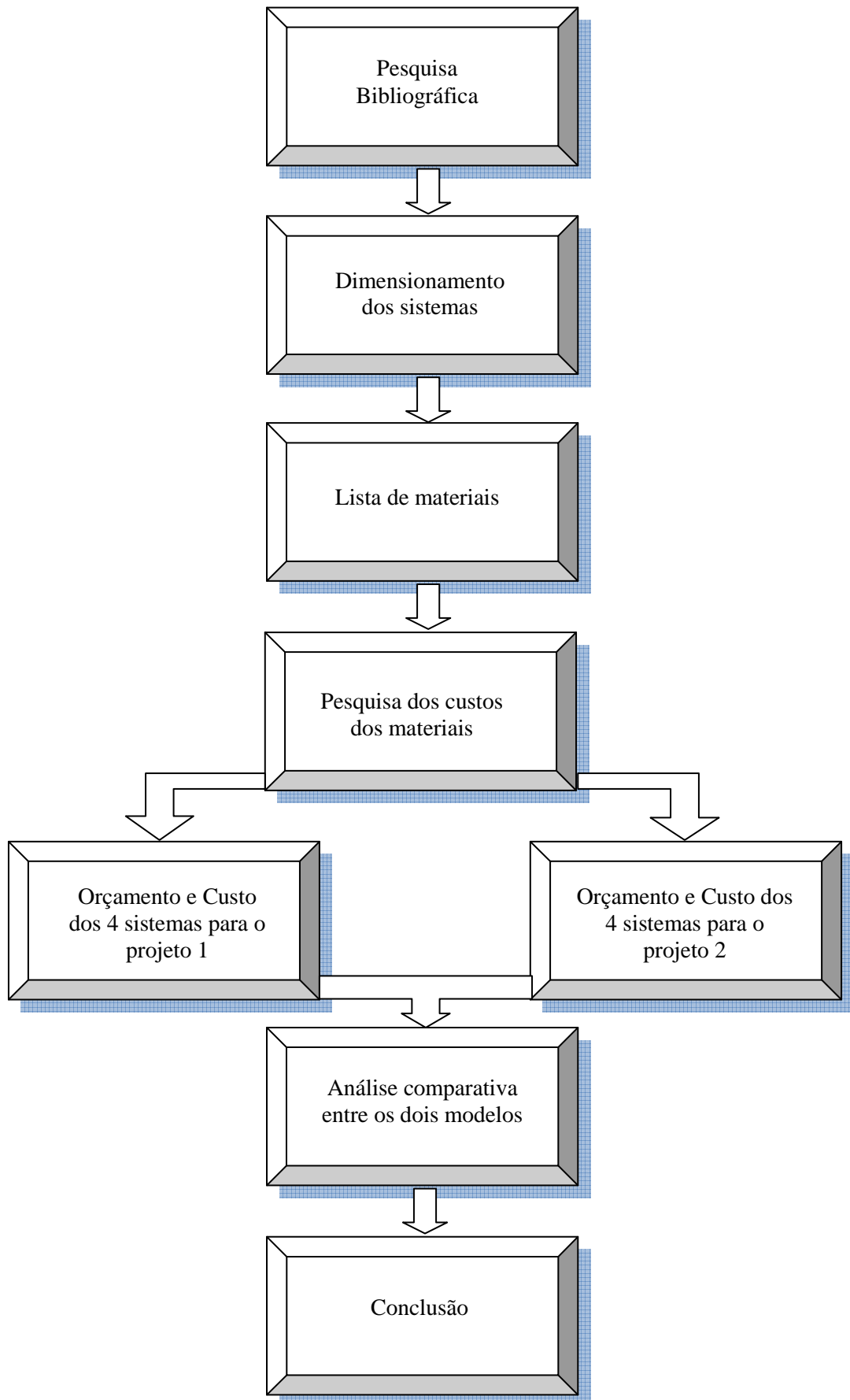


Figura 1: delineamento do trabalho

3 CHUVEIROS AUTOMÁTICOS:

3.1 DOCTRINA

O projeto de chuveiros automáticos é uma análise da maneira mais eficiente de minimizar o **trabalho e o custo dos materiais** (FIRE...,1999). Um projeto de chuveiros automáticos é constituído basicamente pela distribuição dos chuveiros automáticos e pela ligação dos chuveiros até o reservatório. Os chuveiros automáticos propriamente ditos são relativamente baratos, mas o que realmente torna o sistema caro são as tubulações.

A denominação das tubulações em cada parte de uma instalação de chuveiros automáticos possuem denominações especiais, conforme demonstrado no desenho esquemático abaixo.

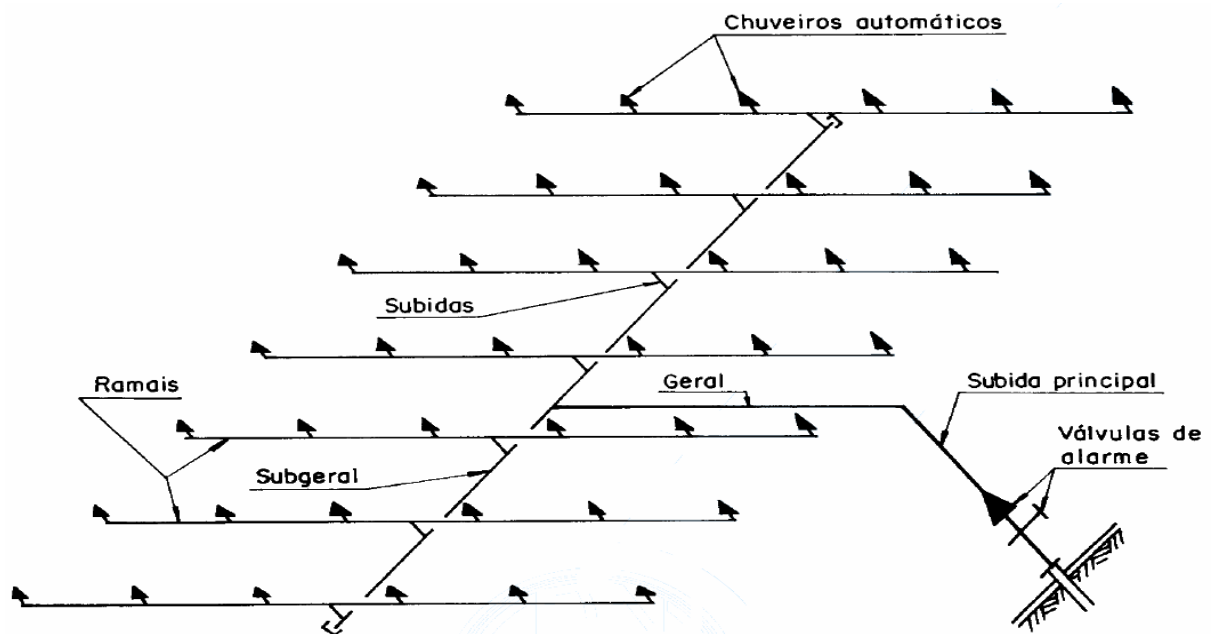


Figura 2: exemplo do sistema (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990, p.13)

A distância entre ramais e entre os chuveiros nos ramais, independe do método de distribuição empregado. O posicionamento deles depende apenas da área e do risco da ocupação da edificação e, ainda, do tipo de chuveiro.

Já quanto aos tubos de alimentação dos ramais, denominados de subgerais, estes são passíveis de mudanças de localização através dos métodos de distribuição, com seus respectivos detalhamentos e diferenciações, como também o fator que influência no custo do sistema.

Dos métodos de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado analisados neste trabalho são considerados sistemas fechados o grelha e o anel, e são considerados sistemas do tipo aberto o sistema por tabela e sistema por cálculo hidráulico.

Quanto aos sistemas do tipo fechado, temos que “[...] nesses sistemas de distribuição de água há uma economia muito grande na instalação devido a necessidade de menores diâmetros, em consequência da maior eficiência na alimentação das águas pelos ramais.” (BRENTANO, 2004. p. 114) Salienta-se que Brentano (2004) utiliza a terminologia ramais e neste trabalho adotou-se a nomenclatura de subgerais, seguindo as mesmas definições da Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990).

3.2 NORMATIZAÇÃO E LEGISLAÇÃO

Na norma NBR 10897 - Proteção contra incêndio por chuveiro automático (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) os tubos de alimentação dos ramais são definidos como subgerais, conforme item 5.1.2.8 letra “b” a seguir transcrito:

5.1.2.8 [...], as tubulações que formam uma instalação de chuveiros automáticos possuem as denominações e funções seguintes:

a) ramais:

- são as ramificações onde os chuveiros automáticos são instalados diretamente ou utilizando-se braços horizontais de tubo com 60 cm de comprimento máximo;

b) tubulações subgerais:

- são as que alimentam os ramais;

A Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) trata de forma genérica os métodos de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado analisados neste trabalho. Entretanto no projeto de revisão desta Norma, que é baseado na NFPA 13 (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2002), são explícitos os métodos de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado: grelha, anel, sistema por tabela e sistema por cálculo hidráulico.

Para a análise comparativa de custos entre os métodos referidos, utilizam-se duas edificações representadas graficamente em planta baixa com o formato retangular com áreas de 3000 e

5000 m², respectivamente. Para a definição da área mínima foi considerando que “[...] para edificações de risco médio acima de 3000 m² passa a ser obrigatório a instalação de sprinklers” (RIO GRANDE DO SUL, 1998). A padronização da área maior partiu da determinação da Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) quanto “[...] a área máxima de um pavimento, controlada por um jogo de válvulas, para cada classe de risco de ocupação, deve ser conforme a quadro 1.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990).

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

Quadro 1: áreas máximas por pavimento, controlada por um jogo de válvulas, por classe de risco (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990, p.4).

Portanto para a classificação do risco da ocupação da edificação adotado, risco ordinário de grupo III, a área máxima que um jogo de válvulas suporta é de 5000 m². Assim com a adoção desta área máxima como padrão é mantido um jogo de válvulas aumentando apenas o porte da edificação.

A adoção destas áreas mínimas e máximas, 3000 m² e 5000 m², mantendo um jogo de válvulas e tendo como diferencial o comprimento e os diâmetros das canalizações, possibilita avaliar se há uma linearidade com relação ao custo das canalizações e se há diferença entre um sistema e outro com o aumento do porte da edificação.

4 EDIFICAÇÃO

A edificação adotada como padrão neste trabalho tem a tipologia edilícia de pavilhão. As características dos dois projetos arquitetônicos fictícios estão no quadro abaixo.

Características		Áreas	
		3000 m ²	5000 m ²
Dimensões	A	77,46 m	100,00 m
	B	38,73m	50,00 m
Altura		4 m	4 m
Teto		Liso	Liso

Quadro 2: características das edificações

A disposição da entrada, janelas, reservatório e a proporção da edificação podem ser vistas na planta baixa apresentada na figura 3. A altura da janela e da edificação pode ser vista no corte apresentado na figura 4.

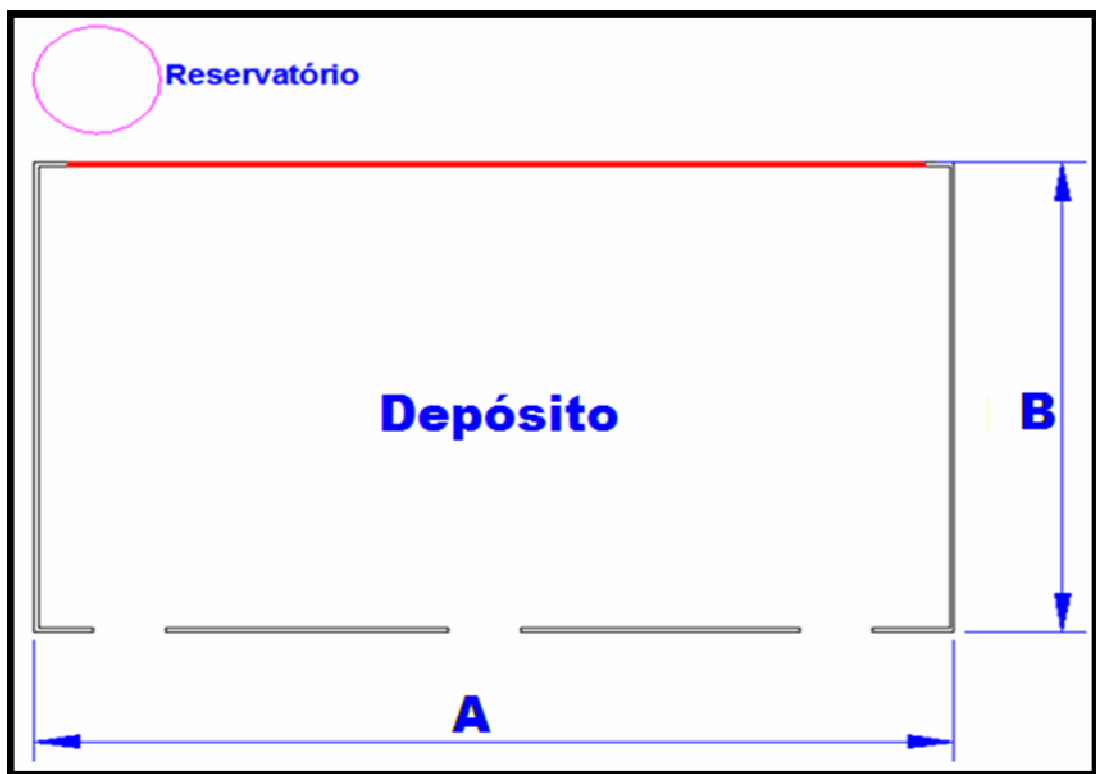


Figura 3: planta baixa da edificação (sem escala)

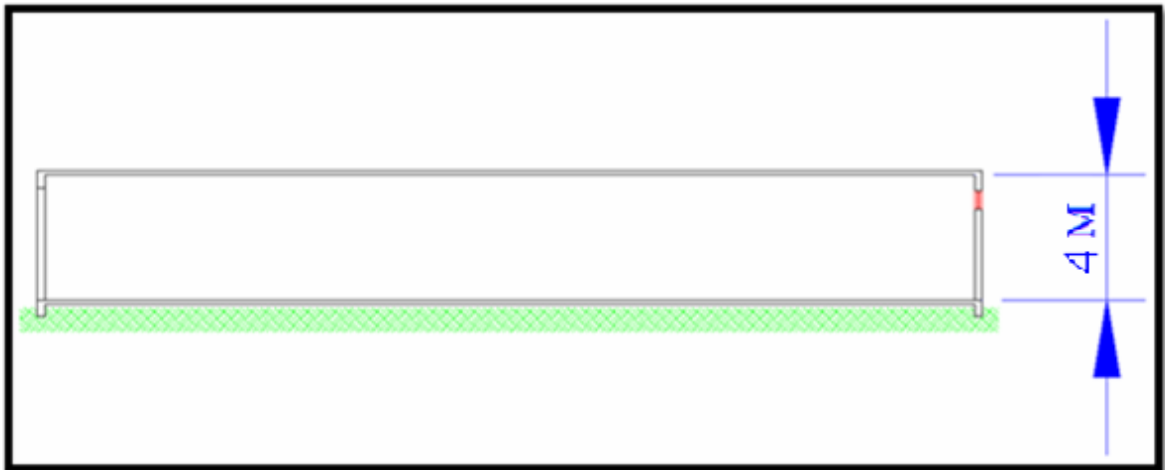


Figura 4: corte da edificação (sem escala)

5 PADRONIZAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento, tanto para o sistema aberto quanto para o sistema fechado, foram predefinidos padrões, a seguir relacionados, necessários para a base dos cálculos.

5.1 SISTEMA

O sistema adotado é do tipo molhado. Sua escolha foi determinada porque apresenta o menor custo de instalação e de manutenção, características que o levam a ser o mais empregado nas instalações de chuveiros automáticos.

O único inconveniente, apontado tanto na bibliografia quanto na prática, é o risco de congelamento da água quando usado em câmeras frias ou em regiões muito frias. No projeto de revisão da Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) está previsto o sistema de chuveiros automáticos de tubulação molhada que utiliza os chuveiros conectados a uma tubulação que contém uma solução de anticongelamento conectada a uma fonte de abastecimento de água denominado de sistema anticongelamento.

O sistema de chuveiros automáticos de tubulação molhada, conforme a Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990), “Compreende uma rede de tubulação fixa, permanentemente com água sob pressão, em cujos ramais são instalados os chuveiros automáticos[...]”(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990).

O sistema de chuveiros automáticos de tubulação molhada, com os seus componentes, encontra-se ilustrado na figura abaixo.

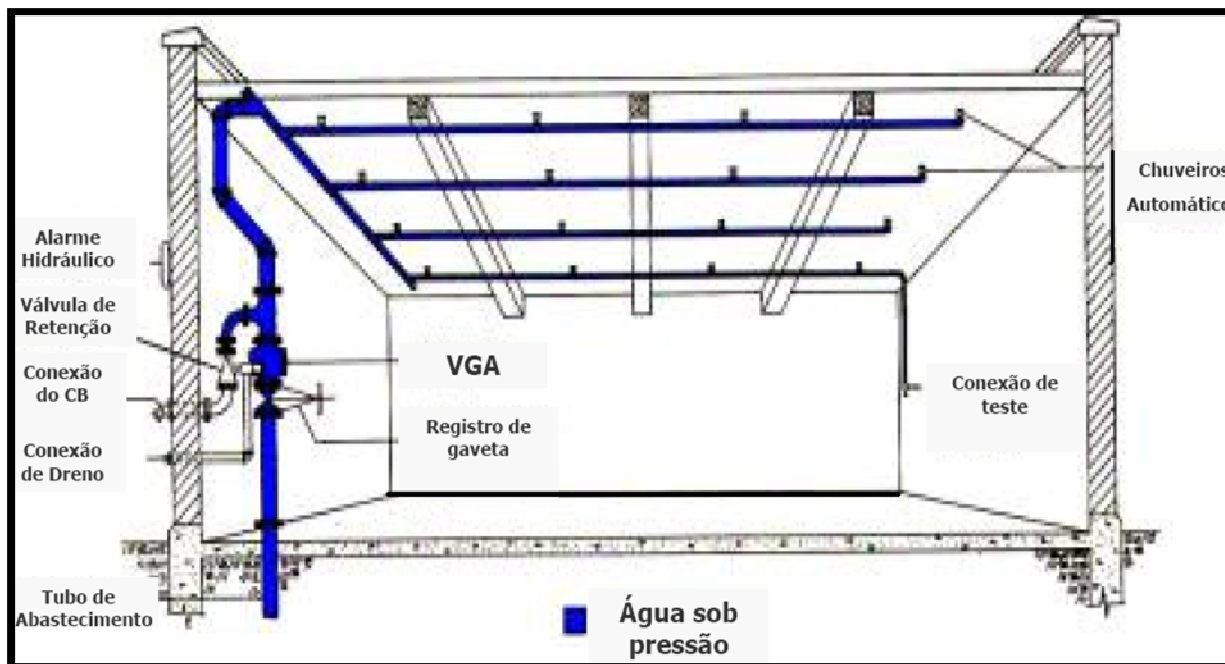


Figura 5: modelo de sistema molhado¹

5.2 OCUPAÇÃO

As edificações apresentam diferentes volumes e combustibilidades, conforme a ocupação. A classificação dos riscos das ocupações, conforme a Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990), é definida em: ocupações de risco leve, ocupações de risco ordinário, ocupações de risco extraordinário e ocupações de risco pesado.

A ocupação definida neste trabalho é oficina mecânica, ocupação freqüente na prática. Conforme o item A.1.2.3 do Anexo A da Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) esta ocupação é enquadrada como ocupação de risco ordinário de grupo III.

5.3 TUBULAÇÕES

A Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) fornece uma ampla variedade de tubulações que podem ser empregadas na prevenção de

¹ Fonte: apostila localizada no endereço: <http://www.cimi.com.br/Downloads/ConceitoSprinklers.pdf>

incêndio. Neste trabalho é adotado o aço carbono costurado, por ser o material fácil de encontrar no mercado.

5.4 CHUVEIRO

O chuveiro adotado neste trabalho é o do tipo *spray* com ampola de vidro e com líquido expansível da cor vermelha, cuja temperatura de acionamento do chuveiro é de 68°C, conforme modelo da figura 6. A sua escolha foi determinada pela capacidade de controlar incêndios em uma ampla gama de riscos e, também, por ser o mais abundante no mercado e, ainda, por ser o mais utilizado nas instalações.



Figura 6: chuveiro automático do tipo spray com ampola e líquido vermelho²

São considerados os diâmetros dos chuveiros de 15 e 20 mm indicado no quadro 3, embora a Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) possibilite o uso de outros.

Diâmetro nominal do chuveiro (mm)	Orifício do chuveiro			Fator "K" (S.I)	Diâmetro nominal e tipo da rosca (mm)
	Tipo	Diâmetro			
		(mm)	(pol)		
10	Pequeno	11	7/16"	57 ± 5%	10 BSPT
15	Médio	12,7	1/2"	80 ± 5%	15 BSPT
20	Grande	13,5	17/32"	115 ± 5%	20 BSPT

Quadro 3: diâmetro nominal do chuveiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990, p.9).

² Fonte: apostila localizada no endereço: <http://www.cimi.com.br/Site/conceitos/Splinker.htm>

5.5 DENSIDADE E ÁREA DE APLICAÇÃO

A área de aplicação é a área mais desfavorável quando os chuveiros automáticos entram em operação, possuindo proporções retangulares. A densidade corresponde a uma descarga preestabelecida por metro quadrado na área de aplicação. A densidade e a área de aplicação são inversamente proporcionais e variam em função da classe de risco da edificação. Neste trabalho é utilizada a área de aplicação de 140,00 m², menor área permitida pela a Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990), obtendo-se uma densidade de 8,3 mm/min para o risco adotado, risco ordinário grupo II, conforme figura abaixo.

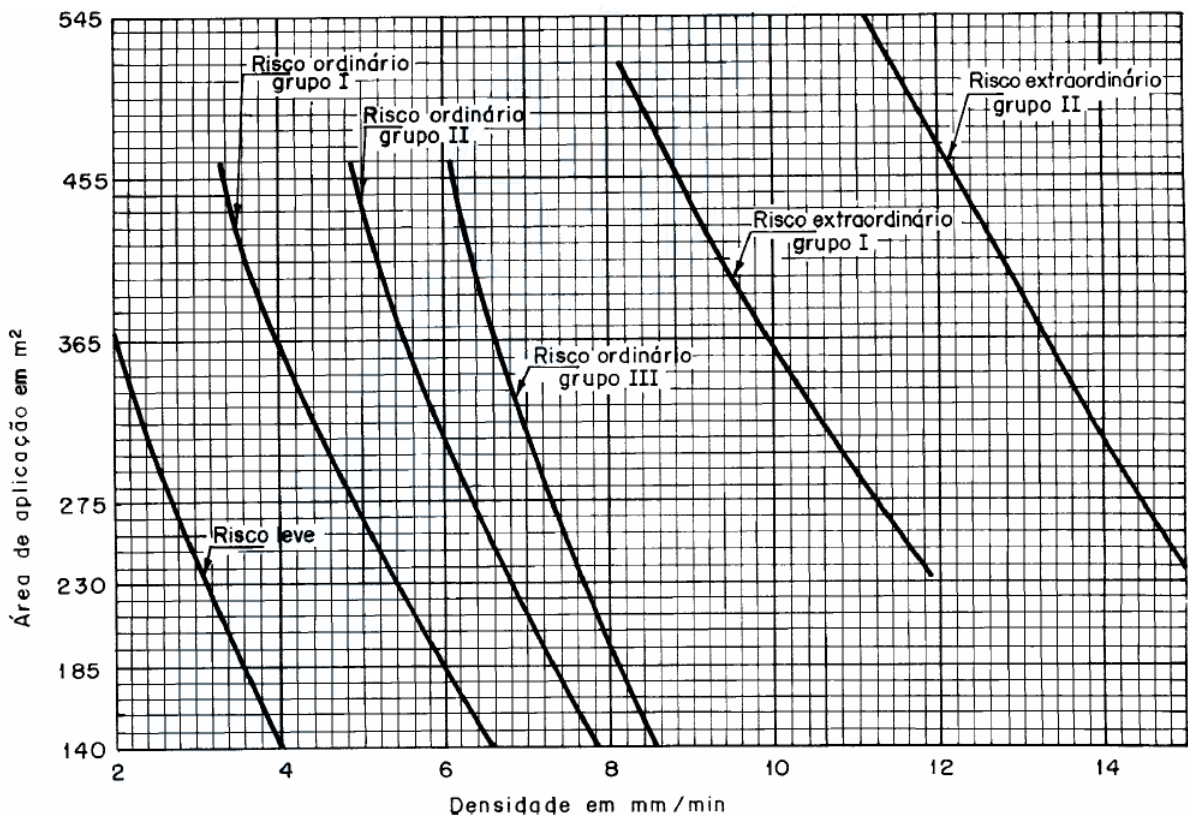


Figura 7: gráfico da área de aplicação/densidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990, p.53)

5.6 RESUMO

O quadro 4, baseado na Tabela sugerida por Brentano (2004), apresenta uma síntese das escolhas feitas para o dimensionamento.

PROJETO DE SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS		
1. CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO		Unid.
➤ Número de pavimentos	1	
➤ Pavimento-tipo	Não	
➤ Cobertura	Não	
➤ Mezanino	Não	
➤ Térreo	Sim	
➤ Subsolos	Não	
➤ Área dos pavimentos		
• Tipo	Não	
• Mezanino	Não	
• Cobertura	Não	
• Térreo	3000 e 5000	m ²
• Subsolos	Não	
➤ Classificação da edificação		
• Ocupação	Oficina mecânica	
• Risco	Ordinário	
• Grupo	III	
2. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS		
➤ Norma adotada	NBR 10897/1990	
➤ Sistema adotado	Chuv. Automáticos	
➤ Tipo	Canalização molhada	
3. CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO		
➤ Canalizações:		
• Material	Aço Carb. Costurado	
• NBR	NBR 5580	
• Coeficiente de H.Williams	120	
➤ Conexões:		
• Material	Aço Carb.	
• NBR	ASTM A234	

Quadro 4: resumo das características do sistema (BRENTANO, 2004. p. 321)

6 DISTRIBUIÇÃO DOS CHUVEIROS

A distribuição dos chuveiros automáticos depende apenas da classe de risco que a edificação está enquadrada. A Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) trata das limitações da área de cobertura dos chuveiros no item 5.5.6 e a distâncias entre ramais e, também, entre chuveiros nos ramais no item 5.5.3, ambos de acordo com a classe de risco da ocupação. Com a combinação destes dois dados é possível fazer a distribuição. A sistematização da distribuição dos chuveiros deste trabalho segue os seguintes passos:

- a) determinar o número de chuveiros necessários para cobrir toda a edificação através da fórmula 1;
- b) fazer o ajuste do posicionamento do número de chuveiros utilizando o espaçamento máximo.

$$N^{\circ} = \frac{A.pred}{A.apli} \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde: $A.pred$ = área da edificação em “m²”

$A.apli$ = área da cobertura de cada chuveiro

Como referido na seção 5.2, a ocupação da edificação adotada neste trabalho está enquadrada como de risco ordinário de grupo III e para esta ocupação a Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) dispõe o que segue:

5.5.3.1 Para ocupações de riscos leve e ordinário, as distâncias entre ramais e entre chuveiros nos ramais não devem exceder 4,60 m.

e no item:

5.5.6.2 Ocupações de risco ordinário

Para todos os tipos de construção, a área de cobertura por chuveiro não deve exceder 12 m².

Assim adota-se 4,60m, no máximo, para distâncias entre ramais e entre chuveiros nos ramais e a área de 12,00 m², no máximo, de cobertura.

7 ÁREA DE APLICAÇÃO DOS CHUVEIROS APÓS A DISTRIBUIÇÃO

Com os chuveiros automáticos distribuídos de acordo com o risco da ocupação nas duas edificações, com um razoável grau de uniformidade, mas obedecendo a distância de 4,60m, no máximo, entre ramais e entre chuveiros nos ramais e a área máxima de 12,00 m² de cobertura, deve-se então recalcular a área de aplicação dos chuveiros.

Para determinar a área de aplicação, correspondente à área retangular hidráulicamente mais desfavorável em relação ao jogo da válvula de alarme do sistema referida na seção 5.5, devem ser consideradas as medidas mostradas na figura 8.

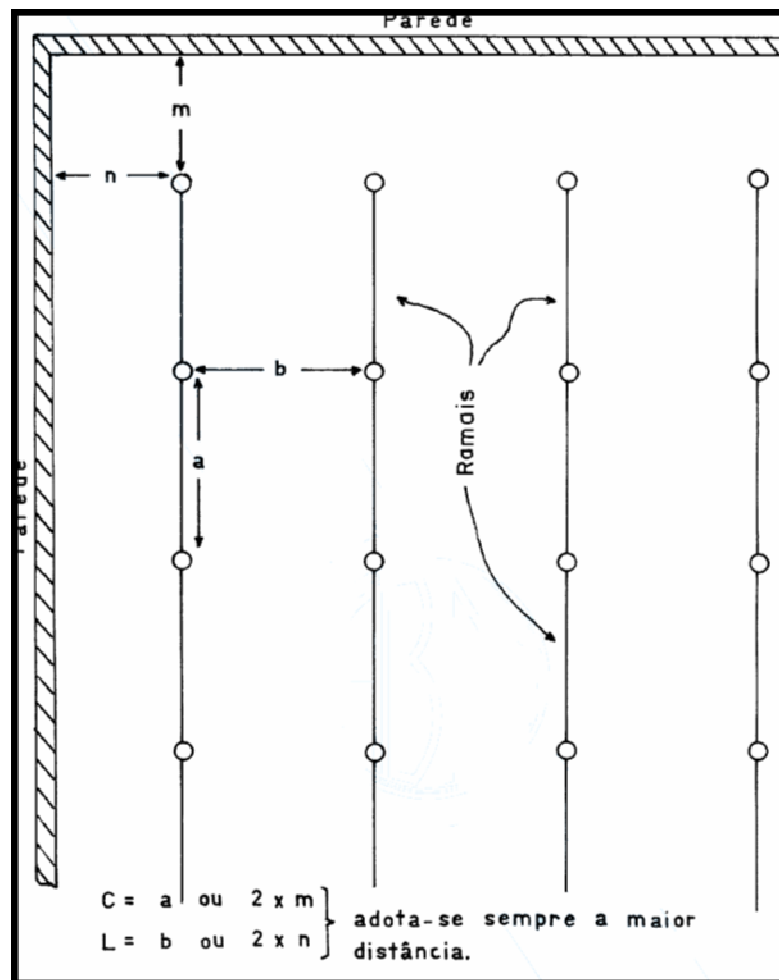


Figura 8: dimensões para o cálculo de área de aplicação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990, p.54)

Então basta aplicar a equação abaixo:

$$A. \text{cover} = C * L$$

Onde: C = a distância em metros (m) entre chuveiros ao longo dos ramais ou o dobro da distância da parede até o último chuveiro, adotando-se sempre o maior

L = a distância em metros (m) entre os ramais ou o dobro da distância da parede até o último ramal, adotando-se sempre o maior

A figura 9 mostra os chuveiros e seus espaçamentos distribuídos de acordo com o risco da ocupação para a área de 5000 m², e logo após o cálculo da área de abrangência de cada chuveiro.

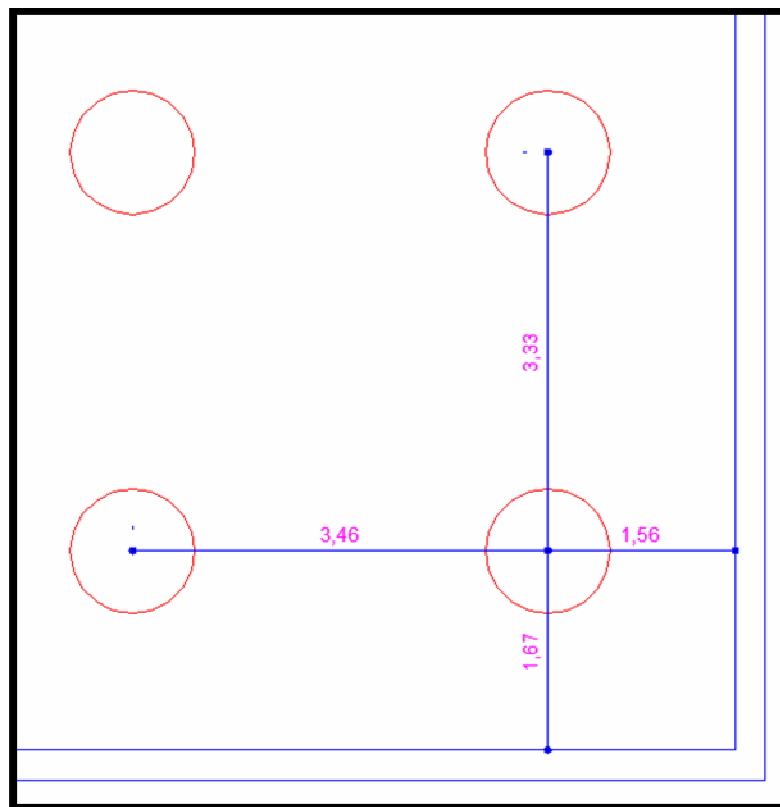


Figura 9: distribuição dos chuveiros no projeto de 5000 m²

$$A. \text{cover} = 3,46 * 3,33 = 11,52 \text{ m}^2$$

No caso da edificação com área de 5000 m², embora a área máxima de cobertura definida pelo risco da ocupação seja 12,00 m², após o cálculo temos que a área de abrangência de cada chuveiro é de 11,52 m².

A figura 10 mostra os chuveiros e seus espaçamentos distribuídos de acordo com o risco da ocupação para a área de 3000 m², e logo após o cálculo da área de abrangência de cada chuveiro.

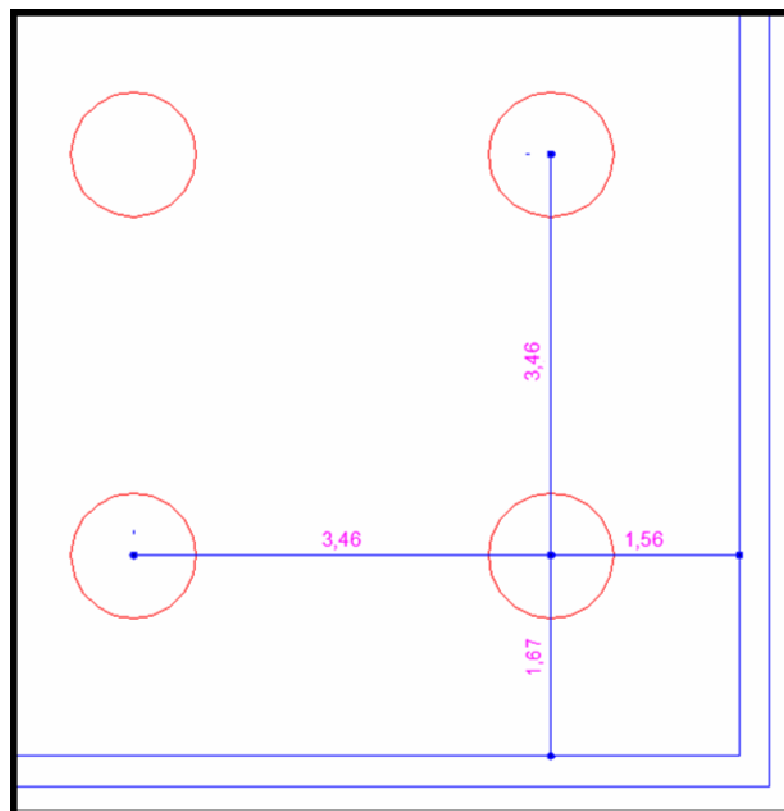


Figura 10: distribuição dos chuveiros no projeto de 3000 m²

$$A. \text{cober} = 3,46 * 3,46 = 12,00 \text{ m}^2$$

No caso da edificação com área de 3000 m² a área de abrangência de cada chuveiro coincide com a área máxima de cobertura definida pelo risco da ocupação, ou seja, 12,00 m².

8 REDE ABERTA

A rede aberta também denominada rede ramificada, na definição de Porto (1999), é:

...quando o abastecimento se faz a partir de uma tubulação tronco, alimentada por um reservatório de montante ou mesmo sob pressão de um bombeamento, e a distribuição da água é feita diretamente para os condutos secundários, e o sentido da vazão em qualquer trecho da rede é conhecido.

São analisados neste trabalho os métodos de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado do sistema do tipo aberto o sistema por tabela e o sistema por cálculo hidráulico. Para o dimensionamento destes sistemas depende-se apenas da aplicação da fórmula de Hazen-Williams (fórmula 2), não é preciso nenhum tipo de método de aproximação sucessiva como, por exemplo, o seccionamento fictício.

$$J = 605 \times \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,87}} \times 10^5 \quad \text{(fórmula 2)}$$

Onde: J = perda de carga por atrito, em kPa/m

Q = vazão, em L/min

C = fator de Hazen-Williams

d = diâmetro interno do tubo, em mm

O fator de Hazen-Williams é fornecido na Tabela 24 da Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990).

As medidas utilizadas nos cálculos podem ser vistas nas figuras 11 a 13. O retângulo que aparece hachurado nas figuras 12 e 13 corresponde a região hidráulica mais desfavorável considerando a abertura simultânea de todos os chuveiros.

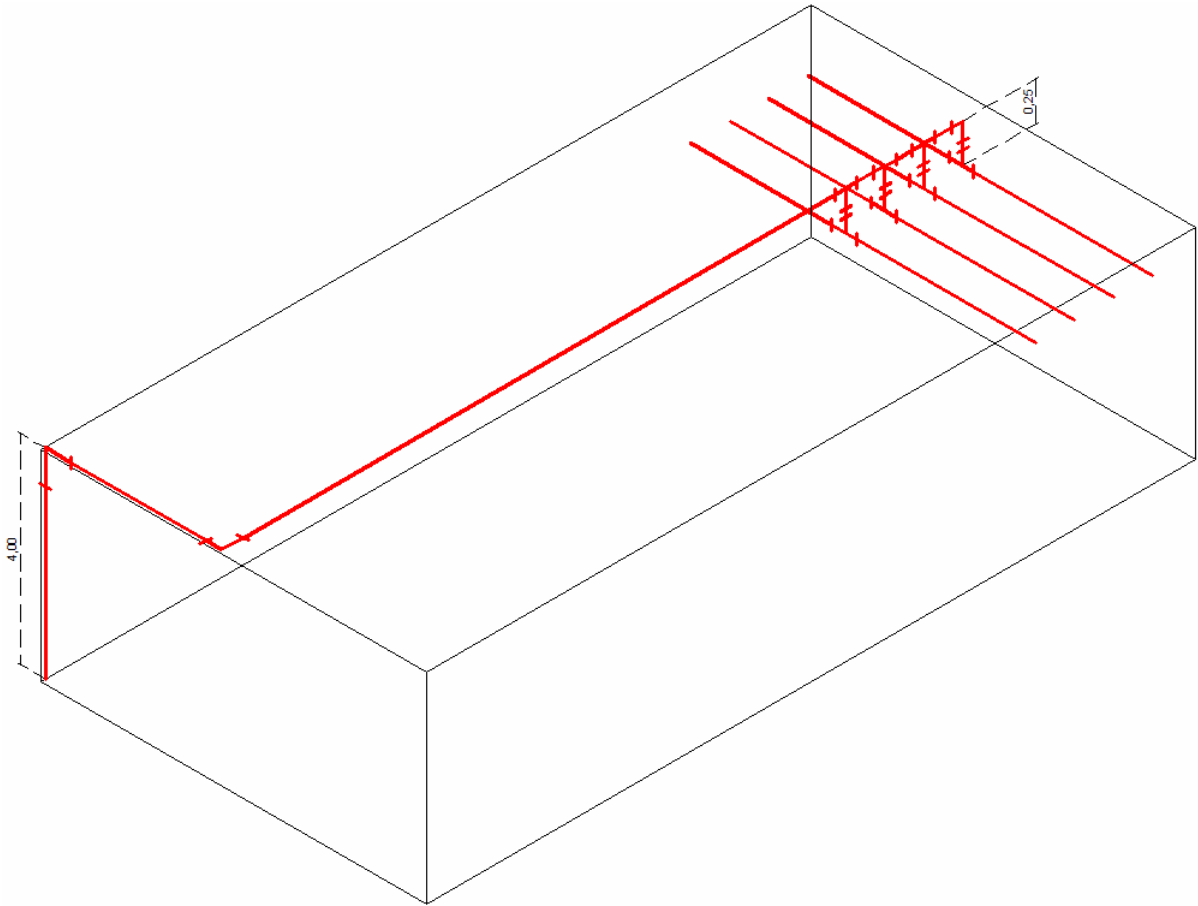


Figura 11: isométrico da rede aberta

8.1 SISTEMA POR TABELA

Para o dimensionamento do sistema aberto por tabelas é necessário apenas saber o tipo de canalização a ser empregada e qual o risco que a ocupação se enquadra. A Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) no item 5.3 “Dimensionamento dos sistemas de chuveiros por tabelas” traz seis tabelas para ser aplicada em função de cada classe do risco de ocupação. Cada tabela traz anotações que devem ser observadas.

A canalização adotada neste trabalho, conforme referido na seção 5.3, é a de aço carbono costurado e a ocupação definida na seção 5.2 é enquadrada como ocupação de risco ordinário de grupo III, portanto é aplicada a tabela 20 da Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990), apresentada no quadro 5.

Diâmetro nominal (mm)	Tubo de aço	Tubo de cobre
	Quant. máx. de chuveiros	Quant. máx. de chuveiros
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	Notas a), b)	Notas a), b)

Quadro 5: tabela de dimensionamento para risco ordinário (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990, p.49)

As notas referidas nesta tabela são as seguintes:

- a) Cada jogo de válvulas deve controlar no máximo uma área de 5000 m² de pavimento. Forros falsos, áreas de mezaninos, jiraus, plataformas de equipamentos, etc. não são computados como pavimentos, desde que não ocupem, na sua somatória, mais de 60% da área total do pavimento.
- b) Quando existirem em um pavimento áreas únicas acima de 1000 m², este passa a ser considerado como ocupação de risco ordinário (grupo I).

O quadro 6 mostra qual a pressão necessária na válvula de alarme para atender que o sistema entre em funcionamento sem considerar as perdas singulares.

Classificação dos riscos	Requisitos de abastecimento d'água para sistemas de chuveiros automáticos elaborados por tabela ou cálculo hidráulico		
	Pressões e vazões mínimas na válvula de alarme e/ou chave detectora de fluxo d'água (ver Notas)		Tempo mínimo de operação para determinar a capacidade efetiva (min)
	Pressões (kPa)	Vazões (L/min)	
Risco leve	110	1000	30
Risco ordinário (grupo I)	110	1800	60
Risco ordinário (grupo II)	110	2600	60
Risco ordinário (grupo III)	250	4500	60
Risco extraordinário	350	6000	90

Notas: a) Nas pressões acima, é adicionada a pressão estática entre a válvula-alarme e/ou chave detectora de fluxo d'água e o chuveiro mais elevado.

b) Nas vazões acima, não estão incluídas vazões de hidrantes ou mangotinhos.

c) Nos sistemas de chuveiros dimensionados por cálculo hidráulico total, as pressões acima são substituídas pelas pressões resultantes do cálculo.

Quadro 6: tabela de pressões (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990, p.48)

Para o cálculo da pressão total necessária para o funcionamento do sistema deve-se somar a pressão obtida da tabela acima referida (quadro 6) com a altura manométrica. Da soma obtida acrescenta-se uma estimava de 25% de perdas singulares, obtendo-se então a pressão total, como segue (fórmula 3):

$$h_p = (250 + 40) \cdot 1,25 = 362,5 \text{ kPa} \quad (\text{fórmula 3})$$

Os diâmetros das canalizações nas edificações padrões encontram-se nas figuras 14 e 15.

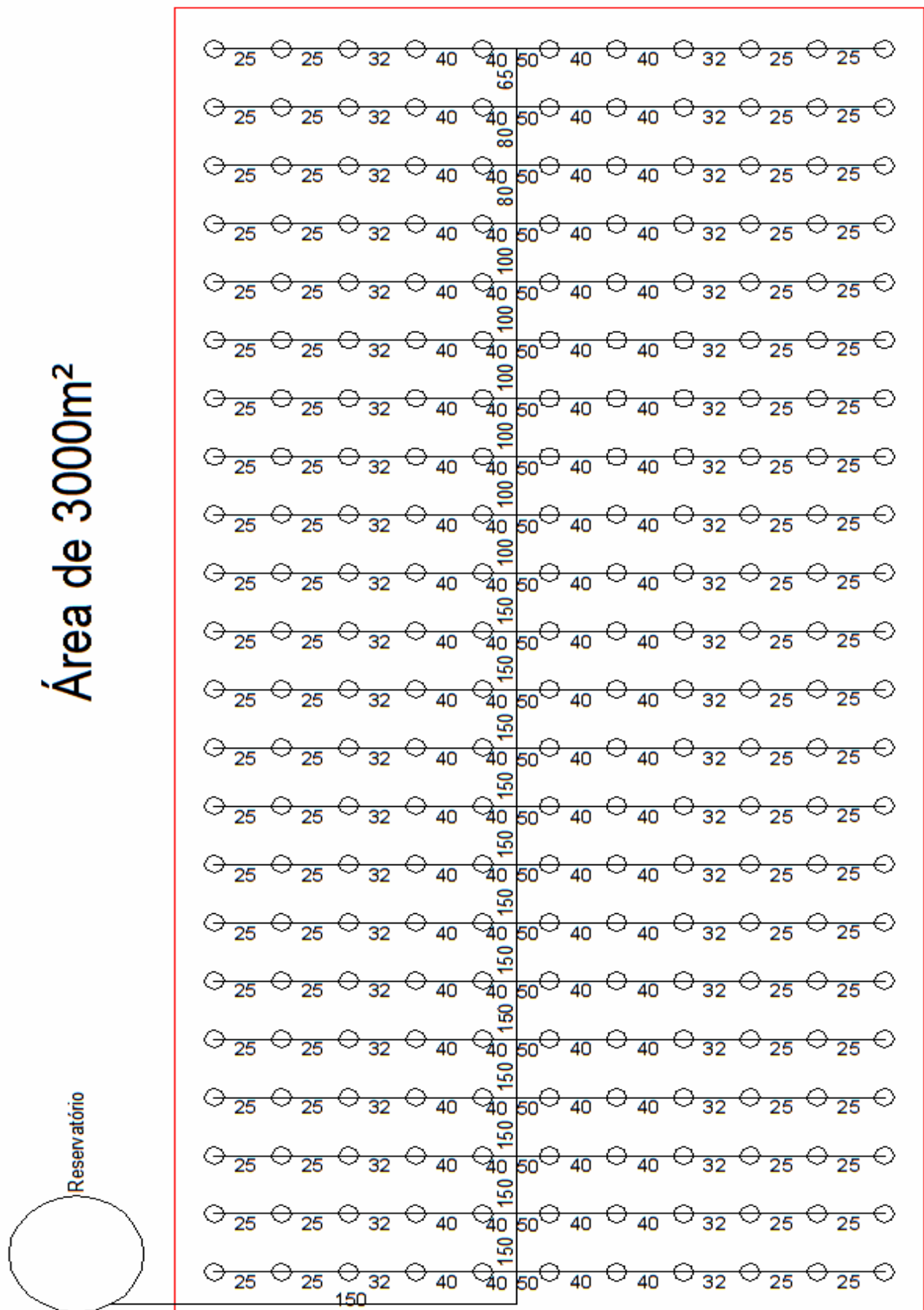


Figura 14: diâmetro dos canos do sistema por tabela no projeto de 3000 m²

8.2 SISTEMA POR CÁLCULO HIDRÁULICO

O dimensionamento do sistema aberto por cálculo hidráulico é muito parecido com o do sistema de tabelas, porém devem ser utilizados alguns critérios que antes não precisaram ser levados em consideração. Conforme a IN 23 (INSTRUÇÃO NORMATIVA, 2004) do Corpo de Bombeiros de São Paulo para o dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos por cálculo hidráulico os seguintes passos devem ser percorridos:

- a) identificar a ocupação ou o risco a ser protegido;
- b) determinar o tamanho da área de aplicação dos chuveiros automáticos;
- c) determinar a densidade de projeto exigida;
- d) estabelecer o número de chuveiros contidos na área de cálculo;
- e) determinar o formato da área de cálculo;
- f) calcular a vazão mínima exigida para o primeiro chuveiro;
- g) calcular a pressão mínima exigida para o primeiro chuveiro;
- h) calcular a perda de carga entre o primeiro e o segundo chuveiro;
- i) calcular a vazão do segundo chuveiro;
- j) repetir os passos “i” e “j” para os chuveiros seguintes até que todos os chuveiros do ramal estejam calculados;
- k) se a área de cálculo se estender até o outro lado do subgeral, os passos “f” até “j” são repetidos para o lado oposto. Os ramais que cruzam deverão ser balanceados com a mais alta pressão de demanda;
- l) calcular o fator K para a primeira subida, com fatores adicionais calculados para as linhas desiguais;
- m) repetir os passos das alíneas “h” e “i” para as subidas (ao invés de chuveiros) até que todas as subidas da área de cálculo tenham sido calculadas;

- n) computar a perda de carga no ponto de abastecimento com as compensações devido a desníveis geométricos, válvulas e acessórios e diferença de materiais da tubulação enterrada;
- o) comparar a vazão calculada com o suprimento de água disponível.

O dimensionamento do sistema encontra-se no quadro 7.

	ponto	trecho	compr	vazão	vazão	diam	DN	vel	pressão	hp
			m	L/mim	m ³ /s	mm	mm	m/s	kpa	kpa
Área de 3000 m ²	1	-	-	99,6	0,002	20,00	20	5,28	75,01	-
	-	1-2	3,46	99,6	0,002	23,93	25	3,38	-	23,94
	2	-	-	114,4	0,002	20,00	20	6,07	98,95	-
	-	2-3	3,46	214,0	0,004	35,08	32	4,43	-	29,62
	3	-	-	130,4	0,002	20,00	20	6,92	128,57	-
	-	3-A	15,61	344,4	0,006	44,50	50	2,92	-	36,67
	-	A-B	5,41	344,4	0,006	44,50	50	2,92	-	12,71
	B	-	-	357,4	0,006	45,33	50	3,03	177,94	-
	-	C-B	8,01	701,8	0,012	63,52	65	3,52	-	19,57
	C	-	-	376,5	0,006	46,53	50	3,20	197,51	-
	-	D-C	8,91	1078,3	0,018	78,74	80	3,58	-	17,53
	D	-	-	392,9	0,007	47,53	80	1,30	215,03	-
	-	R-D	85,82	1471,2	0,025	91,97	100	3,12	-	101,17
	-	R-D	41,60	1441,8	0,024	91,05	100	3,06	316,21	47,24
Área de 5000 m ²	1	-	-	95,6	0,0016	20,00	20	-	69,15	-
	-	1-2	3,33	95,6	0,0016	23,45	25	3,25	-	21,37
	2	-	-	109,4	0,0018	20,00	20	5,80	90,52	-
	-	2-3	3,33	205,0	0,0034	34,34	32	4,25	-	26,34
	3	-	-	124,3	0,0021	20,00	20	6,60	116,86	-
	-	3-A	21,83	329,4	0,0055	43,52	50	2,80	-	47,21
	-	A-B	5,41	329,4	0,0055	43,52	50	2,80	-	11,70
	B	-	-	340,9	0,0057	44,27	50	2,89	175,78	-
	-	C-B	8,01	670,3	0,0112	62,08	65	3,37	-	17,97
	C	-	-	357,9	0,0060	45,36	50	3,04	193,75	-
	-	D-C	10,41	1028,2	0,0171	76,89	100	2,18	-	6,33
	D	-	-	363,7	0,0061	45,73	100	0,77	200,07	-
	-	R-D	114,89	1391,9	0,0232	89,46	100	2,95	-	122,25
	-	R-D	41,60	1417,3	0,0236	90,27	100	3,01	322,32	45,77

Quadro 7: Dimensionamento por cálculo hidráulico

Os comprimentos que aparecem em negrito no quadro 7 estão acrescidos dos respectivos comprimentos virtuais gerados pelas singularidades.

O cálculo da pressão total necessária para o funcionamento do sistema é obtido da soma das perdas lineares com as perdas singulares, para cada edificação padrão.

Para a edificação de 3000 m², temos:

$$h_p = 316,21 + 47,24 = 363,45 \text{ kPa} \quad (\text{fórmula 4})$$

Para a edificação de 5000 m², temos:

$$h_p = 322,32 + 45,77 = 368,09 \text{ kPa} \quad (\text{fórmula 5})$$

Os diâmetros das canalizações nas edificações padrões encontram-se nas figuras 16 e 17.

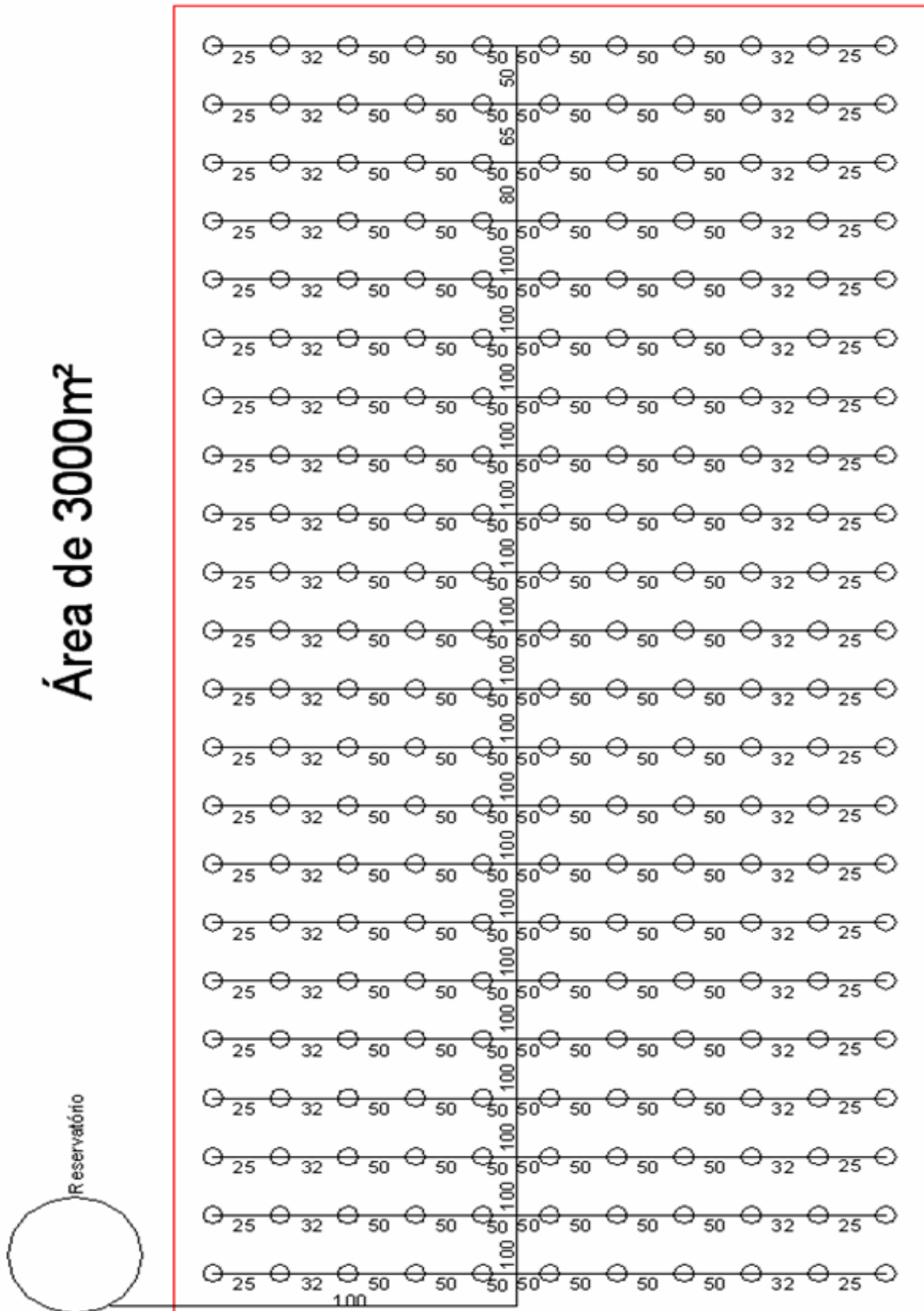


Figura 16: diâmetro dos canos do sistema por cálculo hidráulico no projeto de 3000 m²

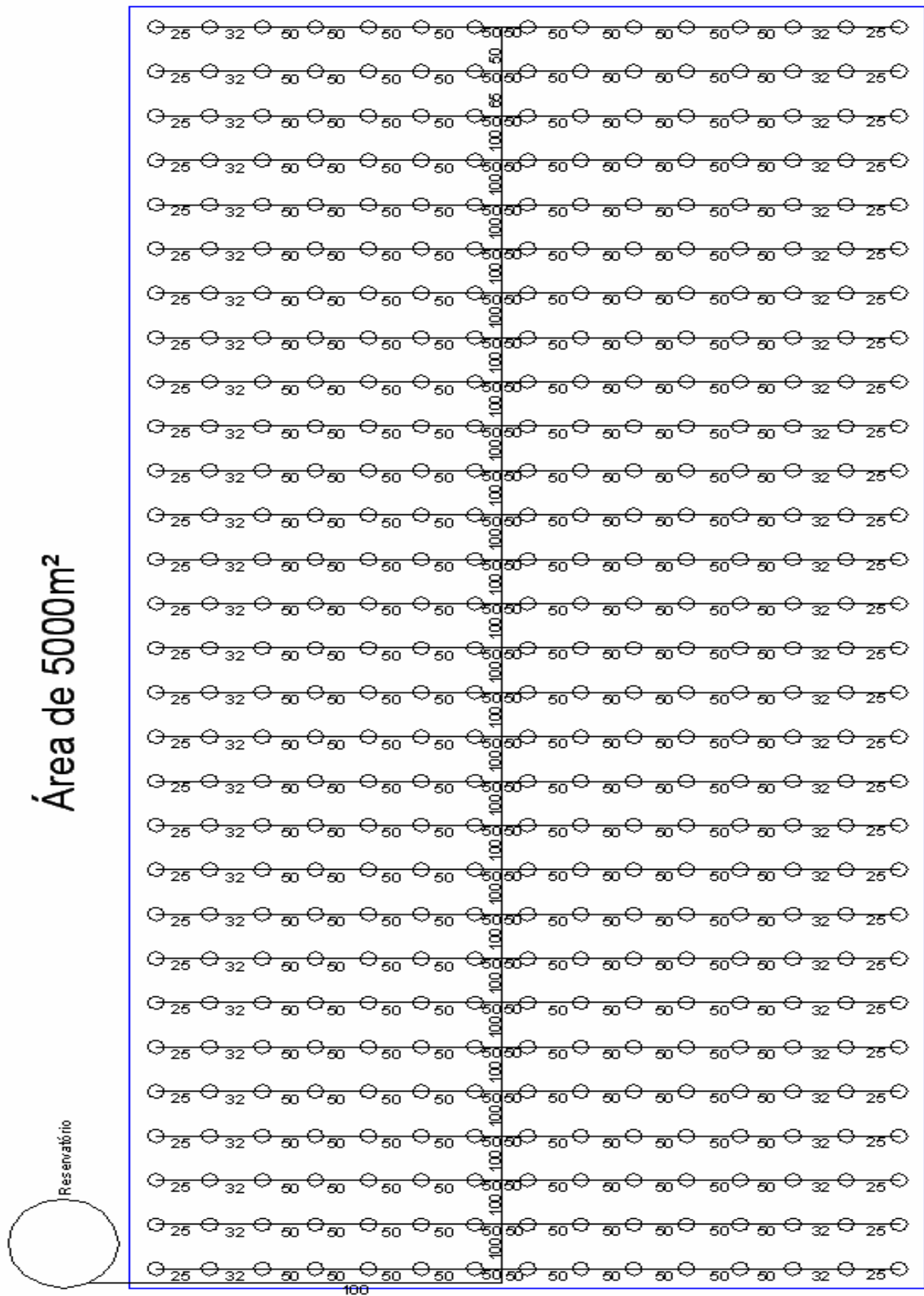


Figura 17: diâmetro dos canos do sistema por cálculo hidráulico no projeto de 5000 m²

9 REDE FECHADA

Rede fechada ou rede malhada é muito empregada na distribuição de água nas grandes cidades, por ser um sistema que fornece a alimentação por dois ou mais trajetos. É um sistema que leva a adoção de menores diâmetros, mas em contra partida há uma maior quantidade de canalizações.

São analisados neste trabalho os métodos de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado do sistema do tipo fechado o grelha e o sistema por cálculo hidráulico.

No exemplo exposto na figura 18 pode-se notar que este sistema apresenta como inconveniente à dificuldade de determinar qual é o sentido da vazão. Devido a essa problemática tem-se que adotar processos de cálculos iterativos que serão explicados nas seções seguintes.

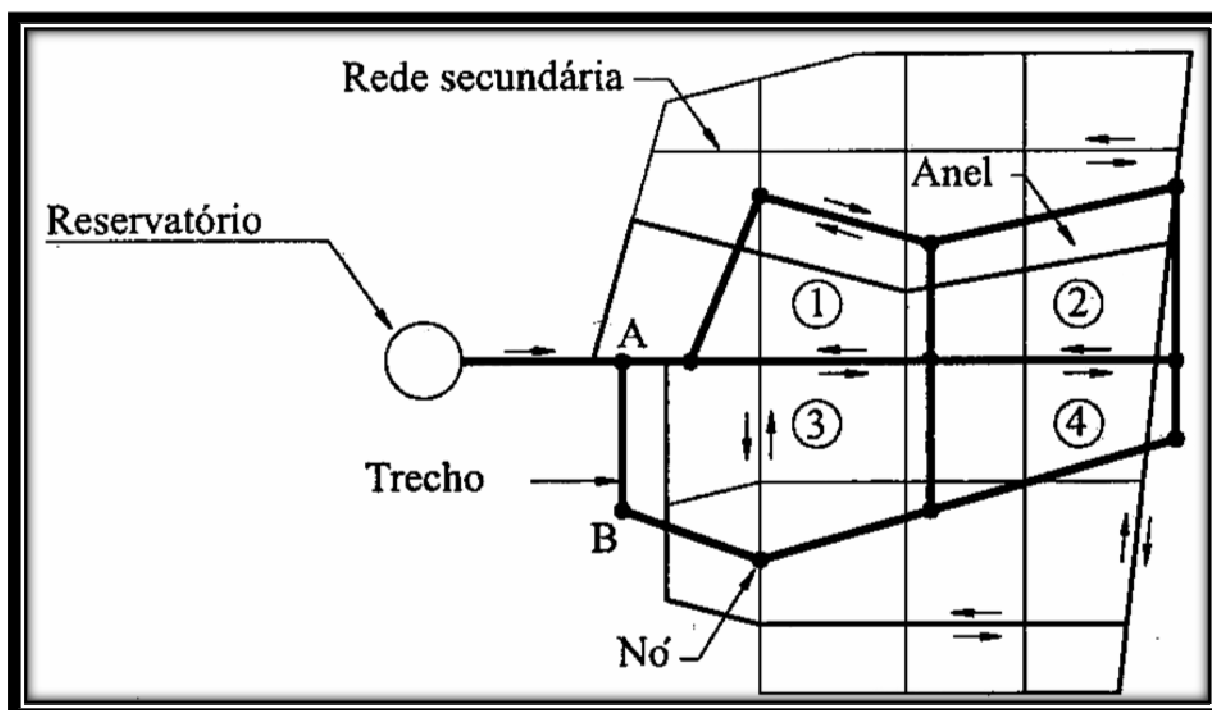


Figura 18: rede malhada (PORTO, 1999)

São apresentados neste trabalho os dimensionamentos do método de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado do sistema fechado denominados: grelha e anel.

9.1 SISTEMA POR *LAYOUT* DE ANEL

O princípio do arranjo do modelo de anel é muito próximo ao modelo do sistema aberto, diferindo apenas neste sistema que os ramais são alimentados por duas subgerais que contornam toda a edificação. Esta dupla alimentação fornece uma redução significativa no diâmetro das subgerais, mas não ocorrem grandes mudanças no diâmetro dos ramais que alimenta os chuveiros. Então o cálculo do ramal até chegar a subgeral é exatamente igual ao sistema por cálculo hidráulico. Para efetuar o cálculo desta subgeral considerando que a vazão requerida pelo sistema já é conhecida pelo cálculo anterior, basta aplicar a lei dos nós e condutos em paralelo que obtemos a solução do dimensionamento.

Na figura 19 tem-se um esquema representativo do sistema, mas apenas considerando a canalização da área crítica.

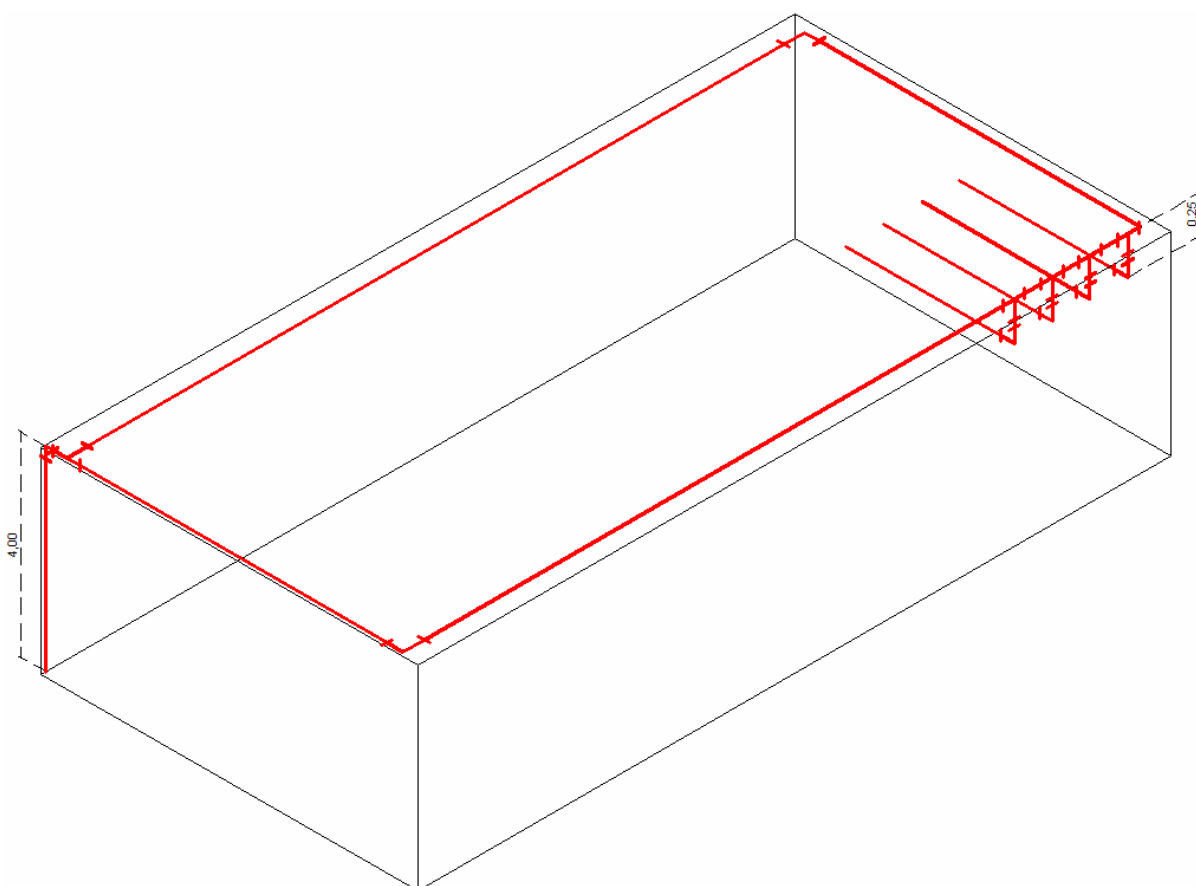


Figura 19: isométrico do sistema de anel (PORTO, 1999)

O dimensionamento do sistema encontra-se no quadro 8.

Área de 3000 m ²	ponto	trecho	comp.	vazão		diam.	dn	vel.	pressão	hp
			m	l/mim	m ³ /s	mm	mm	m/s	kPa	kPa
	1	-	-	99,60	0,00166	20,00	20	5,28	75,01	-
	-	1-2	3,46	99,60	0,00166	23,93	25	3,38	-	23,94
	2	-	-	114,40	0,00191	20,00	20	6,07	98,95	-
	-	2-3	3,46	214,00	0,00357	35,08	32	4,43	-	29,62
	3	-	-	130,40	0,00217	20,00	20	6,92	128,57	-
	-	3-a	8,49	344,39	0,00574	44,50	40	4,57	-	59,12
	-	-	-	-	-	-	-	-	187,69	-
	-	a-r dir	116,09	662,05	0,01103	80,00	80	2,20	-	92,61
	-	a-r esq	112,29	674,07	0,01123	80,00	80	2,24	280,30	92,62
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de 5000 m ²	ponto	trecho	comp.	vazão		diam.	dn	vel	pressão	hp
			m	l/mim	m ³ /s	mm	mm	m/s	kPa	kPa
	1	-	-	95,63	0,00159	20,00	20	-	69,15	-
	-	1-2	3,33	95,63	0,00159	23,45	25	3,25	-	21,37
	2	-	-	109,42	0,00182	20,00	20	5,80	90,52	-
	-	2-3	3,33	205,05	0,00342	34,34	32	4,25	-	26,34
	3	-	-	124,32	0,00207	20,00	20	6,60	116,86	-
	-	3-a	14,50	329,37	0,00549	43,52	40	4,37	-	92,97
	-	-	-	-	-	-	-	-	209,83	-
	-	a-r dir	149,06	656,17	0,01094	100,00	100	1,39	-	39,46
	-	a-r esq	165,84	661,29	0,01102	100,00	100	1,40	249,29	44,53

Quadro 8: dimensionamento por anel

Para o cálculo da pressão total necessária para o funcionamento do sistema soma-se a pressão obtida no quadro 8 com a altura manométrica. Da soma obtida acrescenta-se uma estimativa de 25% de perdas singulares, obtendo-se então a pressão total, para cada edificação padrão.

Para a edificação de 3000 m², temos:

$$hp = (280,30 + 40) * 1,25 = 400,375 \text{ kPa} \quad (\text{fórmula 6})$$

Para a edificação de 5000 m², temos:

$$hp = (249,29 + 40) * 1,25 = 361,61 \text{ kPa} \quad (\text{fórmula 7})$$

Os diâmetros das canalizações nas edificações padrões encontram-se nas figuras 20 e 21.

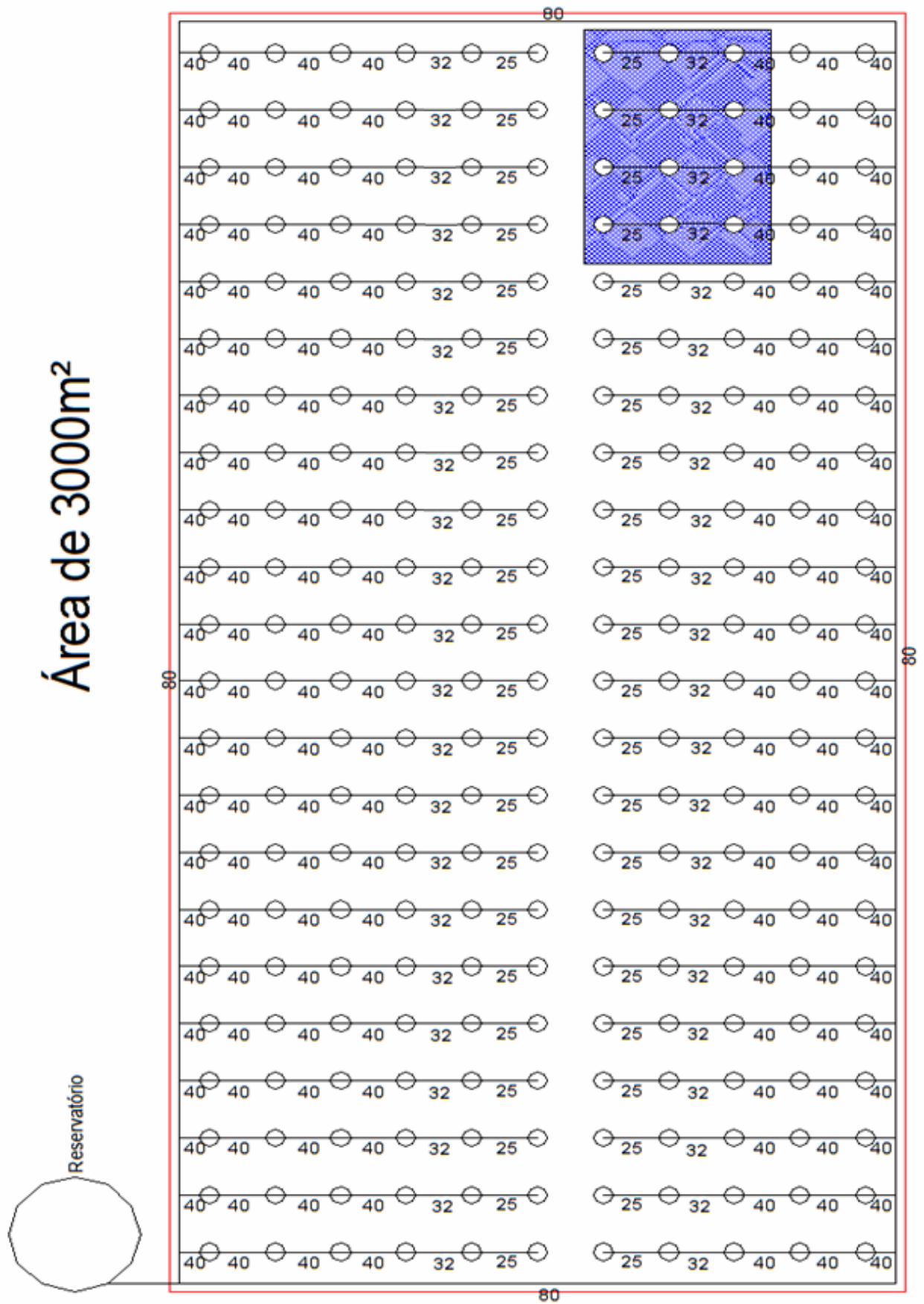


Figura 20: diâmetro dos canos do sistema de anel no projeto de 3000 m²

9.2 SISTEMA POR *LAYOUT* DE GRELHA

O sistema por *layout* de grelha do método de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado do sistema do tipo aberto é o mesmo usado para as redes de abastecimento de água nas grandes cidades, ou seja, considera-se o sistema como sendo constituído de pequenas malhas. Para efetuar o dimensionamento deste sistema utiliza-se algum método de aproximação sucessiva como, por exemplo, Hardy Cross ou seccionamento fictício. No presente trabalho utiliza-se o método de Hardy Cross pela sua praticidade.

No dimensionamento foi considerado como área de aplicação, área mais desfavorável quando os chuveiros automáticos entram em operação, os quatro últimos ramais. Baseado neste dado soma-se a vazão dos chuveiros em cada ramal e aloca-se essa vazão para o ponto mais desfavorável do ramal. No projeto considerou-se para cálculo as quatro malhas assinaladas na figura 22 e cada uma delas com uma vazão no canto inferior direito correspondente a soma dos chuveiros, como já referido. Após fez-se o balanceamento das vazões com o método de Hardy Cross. Nos quadros 9 e 10 estão os resultados dos cálculos do dimensionamento das edificações padrões de 3000 e 5000 metros quadrados respectivamente.

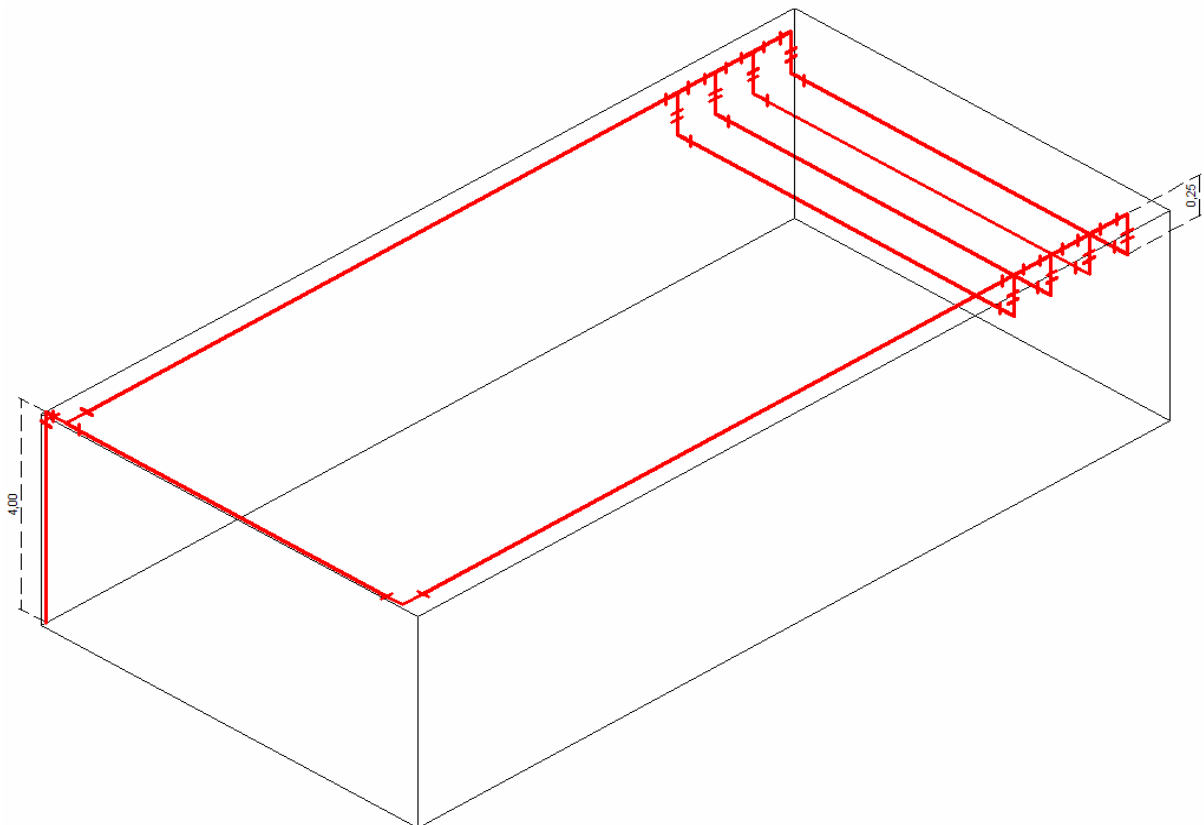


Figura 22: isométrico do sistema grelha

anel	trecho	diam	comp	vazão	hp	E/F	correção	vazão	hp	E/F	correção	vazão	hp	
		(mm)	(m)	(m³/s)	(kpa)		(m³/s)	(m³/s)	(kpa)		(m³/s)	(m³/s)	(kpa)	
Área de 3000 m²	1	B-A	25	37,73	0,002490	55,28	22199,99	1,80813E-05	0,002508	56,02	22336,94	-3,98604E-11	0,002508	56,02
		C-B	25	3,46	0,002490	5,07	2035,83	1,80813E-05	0,002508	5,14	2048,39	-3,98604E-11	0,002508	5,14
		C-D	25	37,73	-0,002529	-56,91	22498,65	1,80813E-05	-0,002511	-56,16	22361,87	-3,98604E-11	-0,002511	-56,16
		D-A	25	3,46	-0,002490	-5,07	2035,83	1,80813E-05	-0,002472	-5,00	2023,26	-3,98604E-11	-0,002472	-5,00
	-	-	-	-	-	-1,63	48770,30	-	-	0,00	48770,46	-	-	-
	2	C-D	25	37,73	0,002490	55,28	22199,99	3,94566E-05	0,002529	56,91	22498,65	-4,14484E-10	0,002511	56,16
		E-C	32	3,46	0,004980	5,49	1102,82	3,94566E-05	0,005019	5,57	1110,24	-4,14484E-10	0,005019	5,57
		E-F	25	37,73	-0,002573	-58,73	22825,76	3,94566E-05	-0,002533	-57,07	22527,86	-4,14484E-10	-0,002533	-57,07
		F-D	32	3,46	-0,004980	-5,49	1102,82	3,94566E-05	-0,004941	-5,41	1095,39	-4,14484E-10	-0,004941	-5,41
	-	-	-	-	-	-3,45	47231,39	-	-	0,00	47232,14	-	-	-
	3	E-F	25	37,73	0,002490	55,28	22199,99	8,27779E-05	0,002573	58,73	22825,76	-3,72865E-09	0,002533	57,07
		G-E	32	3,46	0,007470	11,63	1556,62	8,27779E-05	0,007553	11,87	1571,27	-3,72865E-09	0,007553	11,87
		G-H	25	37,73	-0,002667	-62,76	23533,01	8,27779E-05	-0,002584	-59,20	22910,65	-3,72865E-09	-0,002582	-59,12
		H-F	32	3,46	-0,007470	-11,63	1556,62	8,27779E-05	-0,007387	-11,39	1541,95	-3,72865E-09	-0,007387	-11,39
	-	-	-	-	-	-7,48	48846,24	-	-	0,00	48849,63	-	-	-
	4	G-H	25	37,73	0,002490	55,28	22199,99	0,000176817	0,002667	62,76	23533,01	-1,97291E-06	0,002582	59,12
R-G		40	62,28	0,009960	120,22	12069,83	0,000176817	0,010137	124,19	12251,72	-1,97291E-06	0,010135	124,15	
R-I		40	37,73	-0,009960	-72,83	7312,05	0,000176817	-0,009783	-70,45	7201,57	-1,97291E-06	-0,009785	-70,48	
I-H		40	62,28	-0,009960	-120,22	12069,83	0,000176817	-0,009783	-116,30	11887,46	-1,97291E-06	-0,009785	-116,34	
-	-	-	-	-	-17,55	53651,70	-	-	0,20	54873,76	-	-	-	

Quadro 9: dimensionamento por grelha para 3000 m²

anel	trecho	diam	comp	vazão	hp	E/F	correção	vazão	hp	E/F	correção	vazão	hp	E/F	correção	vazão	hp
		(mm)	(m)	(m³/s)	(kpa)		(m³/s)	(m³/s)	(kpa)		(m³/s)	(m³/s)	(kpa)		(m³/s)	(m³/s)	(kpa)
1	B-A	25	49,00	0,002391	66,59	27851,60	-5,0598E-05	0,002340	64,00	27349,77	1,01006E-09	0,002340	64,00	27349,78	4,94E-09	0,002340181	64,00
	C-B	25	3,46	0,002391	4,70	1966,66	-5,0598E-05	0,002340	4,52	1931,23	1,01006E-09	0,002340	4,52	1931,229	4,94E-09	0,002340181	4,52
	C-D	25	49,00	-0,002282	-61,11	26773,69	-5,0598E-05	-0,002333	-63,64	27277,39	1,01006E-09	-0,002333	-63,64	27277,49	4,94E-09	-0,002308571	-62,41
	D-A	25	3,46	-0,002391	-4,70	1966,66	-5,0598E-05	-0,002441	-4,89	2001,99	1,01006E-09	-0,002441	-4,89	2001,987	4,94E-09	-0,002441366	-4,89
-	-	-	-	-	5,48	58558,63	-	-	0,00	58560,38	-	-	0,00	58560,49	-	-	-
2	C-D	25	49,00	0,002391	66,59	27851,60	-0,00010848	0,002282	61,11	26773,69	1,06153E-08	0,002333	63,64	27277,5	-2,4E-05	0,002308576	62,41
	E-C	32	3,46	0,004782	5,09	1065,35	-0,00010848	0,004673	4,88	1044,77	1,06153E-08	0,004673	4,88	1044,774	-2,4E-05	0,004648752	4,84
	E-F	25	49,00	-0,002165	-55,43	25601,41	-0,00010848	-0,002274	-60,68	26687,67	1,06153E-08	-0,002274	-60,68	26688,64	-2,4E-05	-0,002232531	-58,66
	F-D	32	3,46	-0,004782	-5,09	1065,35	-0,00010848	-0,004890	-5,31	1085,86	1,06153E-08	-0,004890	-5,31	1085,86	-2,4E-05	-0,004914342	-5,36
-	-	-	-	-	11,16	55583,72	-	-	0,00	55591,99	-	-	2,52	56096,78	-	-	-
3	E-F	25	49,00	0,002391	66,59	27851,60	-0,00022559	0,002165	55,43	25601,41	1,08285E-07	0,002274	60,68	26688,75	-6,6E-05	0,002208206	57,49
	G-E	32	3,46	0,007172	10,79	1503,73	-0,00022559	0,006947	10,17	1463,44	1,08285E-07	0,006947	10,17	1463,455	-6,6E-05	0,006881284	9,99
	G-H	25	49,00	-0,001913	-44,09	23045,59	-0,00022559	-0,002139	-54,19	25335,75	1,08285E-07	-0,002109	-52,79	25033,79	-6,6E-05	-0,002036757	-49,50
	H-F	32	3,46	-0,007172	-10,79	1503,73	-0,00022559	-0,007398	-11,42	1543,84	1,08285E-07	-0,007398	-11,42	1543,821	-6,6E-05	-0,007463357	-11,61
-	-	-	-	-	22,50	53904,66	-	-	-0,01	53944,43	-	-	6,64	54729,81	-	-	-
4	G-H	25	49,00	0,002391	66,59	27851,60	-0,00047758	0,001913	44,09	23045,59	-2,98492E-05	0,002109	52,80	25034,88	-0,00014	0,001971197	46,60
	R-G	50	86,50	0,009563	52,24	5462,67	-0,00047758	0,009086	47,52	5229,90	-2,98492E-05	0,009056	47,23	5215,294	-0,00014	0,008918041	45,91
	R-I	50	49,00	-0,009563	-29,59	3094,46	-0,00047758	-0,010041	-32,38	3225,34	-2,98492E-05	-0,010071	-32,56	3233,483	-0,00014	-0,010208147	-33,39
	I-H	50	86,50	-0,009563	-52,24	5462,67	-0,00047758	-0,010041	-57,17	5693,70	-2,98492E-05	-0,010071	-57,48	5708,088	-0,00014	-0,010208147	-58,95
-	-	-	-	-	36,99	41871,41	-	-	2,05	37194,53	-	-	9,98	39191,75	-	-	-

Quadro 10: dimensionamento por grelha para 5000 m²

Para o cálculo da pressão total necessária para o funcionamento do sistema faz-se a soma dos caminhos mais desfavoráveis que a água tem que percorrer para o suprimento do chuveiro e acrescentar 40kpa da altura da edificação, mais a pressão necessária para o funcionamento do chuveiro.

Nos cálculos a seguir para cada uma das edificações padrões do trabalho está explícita em negrito a pressão necessária do chuveiro.

Para a edificação de 3000 m², temos:

$$h_p = (56,02 + 5,14 + 5,57 + 11,87 + 124,15 + 40 + 75,01) * 1,25 = 397,20kPa$$

(fórmula 6)

Para a edificação de 5000 m², temos:

$$h_p = (64,00 + 4,52 + 4,83 + 9,99 + 45,91 + 40 + 69,15) * 1,25 = 298,01kPa$$

(fórmula 7)

Os diâmetros das canalizações obtidos pelo sistema grelha nas edificações padrões encontram-se nas figuras 23 e 24.

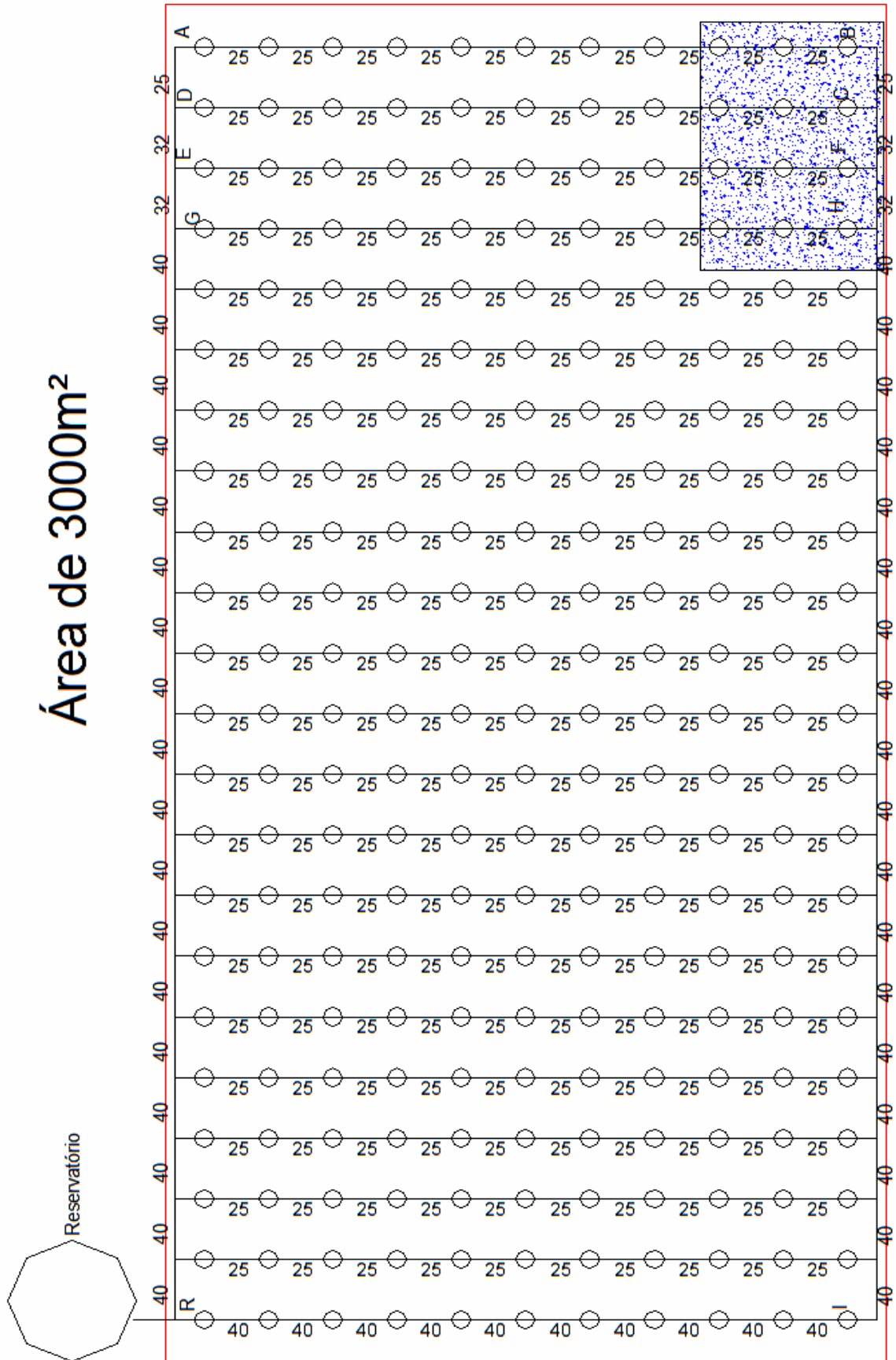


Figura 23: diâmetro dos canos do sistema grelha no projeto de 3000 m²

10 LISTA DE MATERIAIS

A lista dos materiais é feita depois de obtido o dimensionamento de cada sistema. Os materiais estão listados nos quadros 11, 12, 13 e 14.

Nos quadros 11 e 12 temos a quantidade de canalização e os respectivos diâmetros para fazer a instalação dos sistemas.

Área de 3000 m²				
Diâmetro	Sistema Aberto		Sistema Fechado	
	Tabela	Hidráulico	Anel	Grelha
mm	m	m	m	m
25	304,48	152,24	152,24	792,33
32	152,24	-	152,24	13,84
40	266,42	152,24	449,68	166,29
50	38,06	456,72	-	-
65	3,46	3,46	-	-
80	6,92	6,92	232,38	-
100	20,76	20,76	-	-
150	65,06	65,06	-	-
total	857,4	857,4	986,54	972,46

Quadro 11: listagem das canalizações do projeto com área de 3000 m²

Área de 5000 m²				
Diâmetro	Sistema Aberto		Sistema Fechado	
	Tabela	Hidráulico	Anel	Grelha
mm	m	m	m	m
25	386,86	193,14	193,14	1372
32	193,14	193,14	193,14	13,84
40	386,86	-	937,57	-
50	386,57	966,57	-	226,00
65	3,46	3,46	-	-
80	3,46	3,46	-	-
100	13,84	13,84	318,9	-
150	41,52	41,52	-	-
200	81	62,99	-	-
total	1496,71	1478,12	1642,75	1611,84

Quadro 12: listagem das canalizações do projeto com área de 5000 m²

Nos quadros 13 e 14 temos as singularidades necessárias para os sistemas. Estão listados os seguintes componentes:

- a) Cotovelo 90 de ferro maleável galvanizado para líquidos, gases e vapores;
- b) Tê 90 de ferro maleável galvanizado para líquidos, gases e vapores.

As demais singularidades como uniões, luvas, reduções,... não são abordadas porque pouco afetaria o valor e a diferença praticamente continuaria a mesma. Para um orçamento mais preciso seria necessário levantar as demais singularidades, inclusive os custos de mão de obra.

3000 m²				
Singularidades	Sistema Aberto		Sistema Fechado	
	Tabela	Hidráulico	Anel	Grelha
mm	Peças	Peças	Peças	Peças
Cotovelo	-	-	-	-
25	44	44	44	46
32	-	-	-	-
40	-	-	44	2
50	-	1	-	-
65	1	-	-	-
80	-	-	3	-
100	-	2	-	-
150	2	-	-	-
200	-	-	-	-
Tê	-	-	-	-
25	44	-	-	231
32	44	44	44	4
40	88	-	154	47
50	44	176	-	-
65	-	1	-	-
80	2	1	45	-
100	6	19	-	-
150	13	-	-	-
200	-	-	-	-

Quadro 13: singularidades para 3000 m²

5000 m²				
Singularidades	Sistema Aberto		Sistema Fechado	
	Tabela	Hidráulico	Anel	Grelha
Cotovelo	-	-	-	-
25	58	58	58	60
32	-	-	-	-
40	-	-	28	-
50	-	1	-	2
65	1	-	-	-
80	-	-	-	-
100	-	2	4	-
150	-	-	-	-
200	2	-	-	-
Tê	-	-	-	-
25	58	-	-	330
32	58	58	58	4
40	116	-	145	47
50	174	348	-	66
65	-	1	-	-
80	1	-	-	-
100	4	27	59	-
150	12	-	-	-
200	11	-	-	-

Quadro 14: singularidades para 5000 m²

11 COMPARATIVO DE CUSTOS

O comparativo de custos foi efetuado pela média de valores obtidos através de pesquisa de mercado com empresas que vendem ao consumidor tubulações e singularidades, e também no site da PINI.

Na figura 25 encontramos o custo da canalização. No gráfico, os custos do sistema de anel e tabela, por serem muito próximos, ficaram quase que sobrepostos.

As figuras 25, 26 e 27 representam os custos dos sistemas.

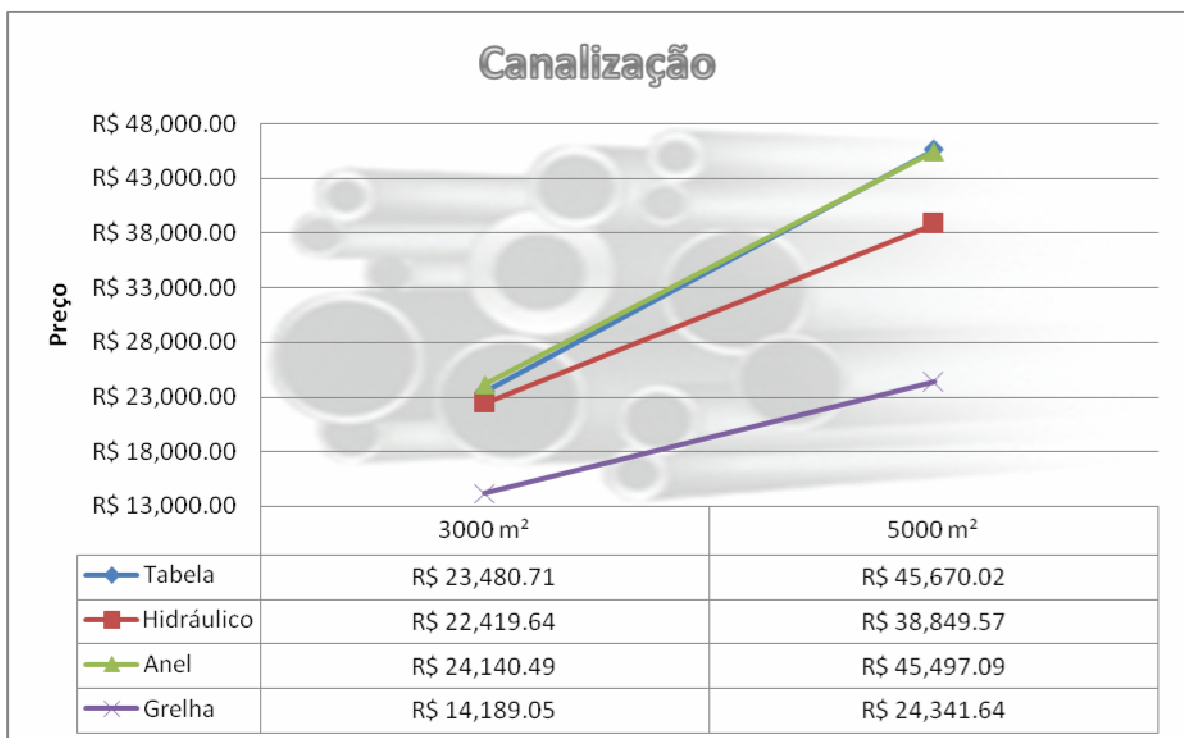


Figura 25: custo das canalizações

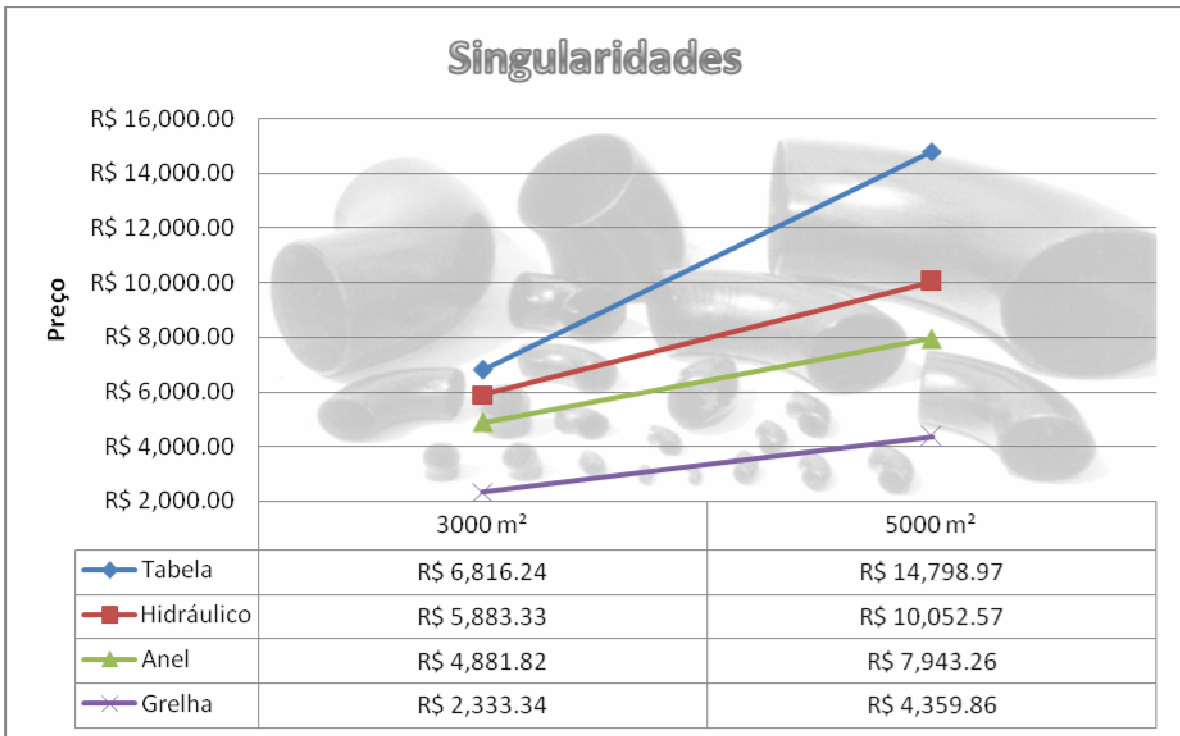


Figura 26: custo das singularidades

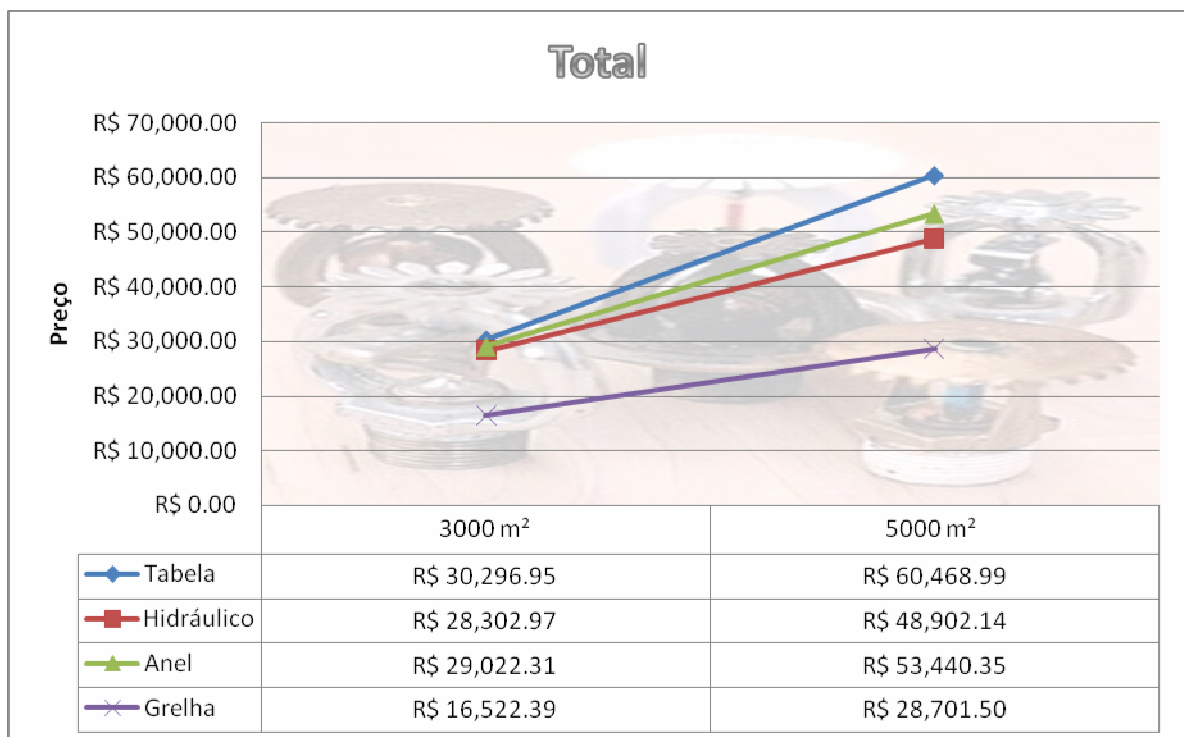


Figura 27: custo total dos sistemas

12 NBR 10897/2007

Conforme referido neste trabalho a Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) encontrava-se com projeto de revisão.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT tornou pública a homologação e a publicação da Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) que cancelou e substituiu a Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) no boletim publicado em 15 de outubro de 2007.

Conforme notícia divulgada no site do Comitê Brasileiro de Segurança Contra Incêndio (ABNT/CB24), organismo responsável pela Normalização do setor, “Esta norma não tem a intenção de restringir o desenvolvimento ou a utilização de novas tecnologias ou medidas alternativas, **desde que estas não diminuam o nível de segurança proporcionado pelos sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos**, nem eliminem ou reduzam os requisitos nela estabelecidos”.(grifei)

Embora com o trabalho praticamente concluído, não se pode deixar de fazer referência às mudanças nas considerações ou cálculos na Norma que foi tecnicamente revisada. Assim serão citadas a seguir estas alterações.

No caso da área máxima de 5000 m² adotada no trabalho, esta teria que ser reduzida: a Norma limita em 4800 m² a área máxima que um jogo de válvulas suporta para a ocupação oficina mecânica, enquadrada como risco ordinário do grupo 2.

Quanto ao risco da ocupação padronizada em risco ordinário III deixou de existir esta classificação. Na Norma esta ocupação oficina mecânica está enquadrada, conforme o uso e condição similar, no risco ordinário do grupo 2.

Houve uma pequena mudança no parâmetro área x densidade, a área de aplicação de 140,00 m² passou para 138,00 m² e a densidade de 8,3 mm/min para 8,1 mm/min.

Como regra o sistema por tabela não pode ser aplicado em áreas superior a 465 m², com exceção de ampliação ou reforma e para áreas superiores a 465 m² quando a vazão exigida pela Tabela 19 da Norma estiver disponível no chuveiro mais elevado, a uma pressão residual mínima de 340 kPa. Ainda, quanto ao sistema por tabela, a pressão residual para o risco ordinário é 140 kPa independente do grupo, sendo que o usado neste trabalho foi de 250 kPa. Quanto ao número de chuveiros permanece o mesmo para cada diâmetro de canalização, mas foram acrescentados nas Tabelas canalizações de diâmetros intermediários, não contemplados neste trabalho.

Para o dimensionamento de todos os sistemas, com exceção do sistema por tabela, há duas maneiras de fazer o cálculo: método densidade/área, usado no trabalho, e método de cálculo por recinto. Quando se aplica o método densidade/área, existe a obrigatoriedade da utilização do chuveiro do tipo *spray*.

O sistema de grelha aparece de uma maneira explícita, inclusive com algumas exigências para a sua aplicação como, por exemplo, a necessidade de no mínimo dois cálculos adicionais para que realmente garanta que a área de operação se encontra onde há maior perda de carga.

De um modo geral, com a revisão técnica, a Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) ficou mais branda quanto aos requisitos mínimos para projeto e instalação de chuveiros automáticos.

13 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

13.1 CONCLUSÕES

Os custos dos métodos de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado (anel, grelha, sistema por tabela e sistema por cálculo hidráulico) são representados neste trabalho como variando de forma linear. Entretanto, deve-se considerar que foram analisados apenas dois padrões, uma área mínima de 3000 m² e uma área máxima de 5000 m², o que limita a certeza que seja mantida esta linearidade em adotando áreas intermediárias.

Para áreas intermediárias, fora das áreas padrões usadas neste trabalho, não se pode afirmar com precisão até qual área é mais conveniente o uso de um sistema ou de outro porque não é sabido se vai se manter a linearidade ou se, por exemplo, vai ocorrer uma curva.

Contudo, independentemente do comportamento nas áreas intermediárias, pode-se fazer uma estimativa considerando apenas os valores extremos já conhecidos.

Com base nos dados apresentados neste trabalho conclui-se, quanto aos custos, que:

- a) Tanto para a área mínima quanto para a área máxima, o sistema de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado do tipo grelha é o de menor custo;
- b) Os outros sistemas na área de 3000 m² apresentaram um custo maior em relação ao sistema do tipo grelha, na seguinte ordem: sistema projetado por cálculo hidráulico 71,30%, sistema tipo anel 75,65% e sistema calculado por tabela 76,58%;
- c) Na área de 3000 m² os outros três sistemas, sistema projetado por cálculo hidráulico, sistema tipo anel e sistema calculado por tabela, são em média 74,52% mais caro que o sistema do tipo grelha. Não há diferença significativa de custos entre eles: com a opção pelo sistema do tipo anel ao invés do sistema projetado por cálculo hidráulico há um aumento de custo de 2,54%. Já na opção pelo sistema calculado por tabela ao invés do sistema projetado por cálculo hidráulico a diferença de custo é 3,08%;

- d) Na área padrão de 5000 m², os outros três sistemas apresentaram um custo maior em relação ao sistema do tipo grelha, na seguinte ordem: sistema projetado por cálculo hidráulico 70,38%, sistema tipo anel 86,19% e sistema calculado por tabela 99,16%;
- e) Na área de 5000 m² os outros três sistemas, sistema projetado por cálculo hidráulico, sistema tipo anel e sistema calculado por tabela, são em média 85,24% mais caro que o sistema do tipo grelha. Foi constatada grande diferença de custo entre os três sistemas mais caros: a opção pelo sistema do tipo anel ao invés do sistema projetado por cálculo hidráulico, há um aumento de custo de 9,28%. Já a opção pelo sistema calculado por tabela ao invés do sistema projetado por cálculo hidráulico, esta diferença é ainda maior, havendo neste caso um aumento de custo de 16,89%.

Os gráficos também mostram, além dos custos, que para edificações com áreas muito pequenas, ao contrário das áreas maiores, o sistema calculado por tabela apresenta um excelente resultado. Isto justifica a restrição da sua aplicação pela Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) a uma área máxima de 465 m². Em grandes áreas, o que torna caro este sistema, é o custo das singularidades. Na prática para tornar esse sistema mais barato costuma-se adaptar com ligações diretas entre canos ou até mesmo “entortando” a quente o que, além de ser um procedimento incorreto, fora das normas, também compromete o nível de segurança do sistema.

O sistema projetado por cálculo hidráulico não deve ser desconsiderado. Embora não seja o sistema mais barato, é fácil o seu dimensionamento.

Na análise dos quatro métodos de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado, ainda verificamos que o sistema que apresenta os menores diâmetros das tubulações é o grelha e o que apresenta os maiores é o sistema calculado por tabela. Confirmando a hipótese enunciada neste trabalho que o custo do sistema é proporcional ao diâmetro da canalização: o sistema que apresenta os maiores diâmetros é o que apresenta o maior custo.

No contexto, independente de qual a dimensão da edificação, conclui-se que, embora seja o de mais difícil dimensionamento em detrimento da facilidade da instalação, o sistema de grelha é o que fornece o menor custo.

13.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a intenção de aprimorar os estudos iniciados com este trabalho, sugerem-se os seguintes temas para trabalhos futuros:

- a) Considerações de edificações com áreas intermediárias para avaliação da relação entre custo e área.
- b) Comparação dos chuveiros de *spray* com chuveiros de cobertura estendida, a fim de fazer uma análise de custo.
- c) Aplicação dos modelos em outros formatos de edificação.
- d) Estudo de otimização do sistema tipo grelha.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10897**: Proteção contra incêndio por chuveiro automático. Rio de Janeiro, 1990 e 2007.

BRENTANO, T. **Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndio nas Edificações**: hidrantes, mangotinhos e chuveiros automáticos (“sprinklers”). Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004.

CORPO DE BOMBEIROS (Polícia Militar do Estado de São Paulo). *Sistema de chuveiros automáticos*. Instrução Técnica n° 23, São Paulo, 2004.

FIRE Protection. **Plumbing Engineer**, TMB Publishing. p. 10, abr. 1999.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 13**: Standard for the Installation of Sprinkler Systems. Quincy, 2002.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. São Carlos: EESC-USP, 1999.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual N° 38.273**, 1998. Disponível em: <<http://www.brigadamilitar.rs.gov.br/bombeiros/DecEst38273-09mar1998.html>>. Acesso em: 2 de jul. 2007.