



Dimensionamento de um Sistema de Chuveiros Automáticos para uma Área de Risco Extraordinário – Grupo 1

Yasmin Soares Gavioli

Monografia de Final de Curso

Orientador

Prof. Carlos André Vaz Júnior, D.Sc.

Setembro de 2013

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS PARA UMA ÁREA DE RISCO EXTRAORDINÁRIO – GRUPO 1

Yasmin Soares Gavioli

Monografia de Final de curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau de Engenharia Química.

Aprovado por:

Fábio de Almeida Oroski, D. Sc.

Cintia Henrichs de Almeida

Arianne Antonicci de Carvalho

Orientado por:

Carlos André Vaz Júnior, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Setembro de 2013

Gavioli, Yasmin Soares.

Dimensionamento de um Sistema de Chuveiros Automáticos para uma Área de Risco Extraordinário – Grupo 1/ Yasmin Soares Gavioli. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2013

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2013

Orientador: Carlos André Vaz Junior

1. Chuveiros Automáticos 2. Estudo de Caso 3. Dimensionamento de Rede de Incêndio 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ) 5. Carlos André Vaz Júnior I. D.Sc.

Aos meus familiares e amigos

"Para realizar grandes conquistas,
devemos não apenas agir, mas também sonhar.
Não apenas planejar, mas também acreditar."

Anatole France

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Vânia e Carlos Augusto, e minha irmã, Vitória, por sempre estarem ao meu lado, me dando suporte, apoio e incentivos para que eu concluísse o curso de engenharia química. Agradeço por todas as valiosas lições ensinadas, que fizeram de mim a pessoa que sou hoje.

Aos meus familiares, avós, tios, tias, primos e primas, obrigada por estarem do meu lado para tudo, sempre com muito carinho.

Aos meus amigos, antigos e recentes, Bruna, Mayara, Bianca, Maria Clara e Fernanda, que mesmo não estando sempre próximos fisicamente, sei que posso contar sempre com a ajuda, abrigada por me ajudarem sempre, entendendo as minhas necessidades de estudo. Aos meus amigos da graduação, Andréia, Felipe Levi, Bruno, Aline e Fernando que são os que mais entendem todas as dificuldades, incertezas e inseguranças que passamos durante esses “5 anos” e que me ajudaram em questões pessoais e relacionadas a faculdade. E agradeço também aos meus amigos do CAENG e aos companheiros de time (Vôlei, Basquete, Handball, Futsal), pessoas que estiveram sempre comigo durante a faculdade, compartilhando de vitórias e derrotas, sempre me apoiando nas competições e treinos.

Àos amigos do Consórcio SGP que me mostraram o lado profissional e contribuíram muito para a minha formação. Agradeço pelo envolvimento da equipe na minha monografia, ensinando conceitos, dando suporte, carinho e muito apoio moral: Rodrigo, Cecilia, Otávio, Juliana, Fernanda, Cíntia, Maria Lúcia e Norma. Devo agradecer especialmente ao Rodrigo pela paciência e por todo o tempo gasto com a orientação para que este trabalho ficasse pronto, e também ao Otávio, que desenhou todo o dimensionamento da rede. Não esquecendo os colegas de outras disciplinas: Fernando, Elaine, Vinicius e Marco, obrigada.

Ao professor Carlos André, pela orientação valiosa e indispensável para a realização e conclusão desse trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para esse trabalho.

Resumo da Monografia de Final de Curso apresentado a Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenharia Química.

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS PARA UMA ÁREA DE RISCO EXTRAORDINÁRIO – GRUPO 1

Yasmin Soares Gavioli

yasmingavioli@gmail.com

Setembro, 2013

Orientador: Prof. Carlos André Vaz Junior

O fogo é um elemento natural, comum, e essencial para a vida no planeta, que proporcionou grandes avanços na sociedade. Apesar de todas as vantagens projetadas pelo o uso do fogo, este na forma não controlada, pode vir a gerar grandes incêndios. Uma situação de incêndio é extremamente perigosa para os seres humanos, que podem vir a óbito pelas queimaduras, inalação de gases tóxicos ou até pela destruição das edificações e equipamentos ao seu entorno. Tendo em vista grandes incêndios, a sociedade criou associações científicas que estudaram e ainda estudam o fogo, de modo a descobrir meios de combatê-lo. Ao decorrer dos anos, desenvolveu-se o chuveiro automático, um dispositivo fixo de combate inicial ao fogo, que se mostra altamente confiável e eficaz, salvando vidas e propriedades. Com auxílio das normas nacionais e internacionais vigentes, o presente trabalho propõe dimensionar pelo método de mecânica dos fluidos um sistema de chuveiros automáticos para uma área de risco extraordinário – grupo 1, a oficina de marcenaria e isolamento de um estaleiro naval em construção. A rede foi devidamente projetada de acordo com as exigências e requisitos definidos pelas normas, que se mostraram completas e de fácil entendimento.

ÍNDICE

Capítulo 1 . INTRODUÇÃO.....	3
1.1. Objetivo.....	3
Capítulo 2 . TEORIA DE INCÊNDIO.....	4
2.1. Triângulo do Fogo.....	5
2.2. Tetraedro do Fogo.....	6
2.3. Formação do Fogo.....	7
2.4. Prejuízo, Danos e Mortes em um Incêndio.....	12
2.5. Sistema de Combate.....	15
2.5.1. Métodos de Extinção.....	15
2.5.2. Agentes Extintores.....	18
Capítulo 3 . CHUVEIROS AUTOMÁTICOS.....	22
3.1. Histórico.....	22
3.2. Conceitos e Definições.....	27
3.3. Eficiência.....	34
3.4. Tipos de Chuveiros Automáticos.....	34
3.4.1. Classificação quanto à velocidade de operação.....	35
3.4.2. Classificação quanto às condições especiais de uso.....	35
3.4.3. Classificação quanto à orientação de instalação.....	35
3.4.4. Classificação quanto à distribuição de água.....	37
3.5. Classificação dos Riscos de Ocupações.....	37
3.5.1. Ocupações de Risco Leve.....	37
3.5.2. Ocupações de Risco Ordinário.....	38
3.5.3. Ocupações de Risco Extra ou Extraordinário.....	39
3.7. Temperaturas.....	40
3.8. Fator K de Descargas.....	41
3.9. Método de Cálculo.....	42
Capítulo 4 . ESTUDO DE CASO.....	44
4.1. Dimensionamento da rede fixa de chuveiros automáticos.....	48
4.1.1. Premissas.....	48
4.1.2. Metodologia.....	50
Capítulo 5 – CONCLUSÃO.....	74

BIBLIOGRAFIA.....	75
ANEXO A: TABELAS DE CLASSIFICAÇÃO DE OCUPAÇÕES	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Triângulo de Fogo.....	5
Figura 2 – Combustível sólidos, líquidos e gasosos em Combustão.....	6
Figura 3 - Tetraedro do Fogo.	7
Figura 4 – Mecanismo de Propagação do Calor - Condução.....	8
Figura 5 – Mecanismo de Propagação do Calor – Radiação de Energia.....	9
Figura 6 - Influência da condução, convecção e radiação na combustão.....	9
Figura 7 – Descrição geral de um incêndio compartimentado, considerando a influência temporal das variáveis envolvidas.....	11
Figura 8 – Resfriamento.....	16
Figura 9 – Abafamento.....	17
Figura 10 – Quebra da Reação em Cadeia.....	18
Figura 11 – Formas de Aplicação de Água.....	20
Figura 12 – Busto de Ambrose Godfrey-Hanckuvitz, Químico, 1718.....	22
Figura 13 – Dispositivo Automático contra Incêndio de Ambrose Godfrey-Hanckuvitz.....	23
Figura 14 – Chuveiro automático proposto por Henry S. Permelee (1875).....	24
Figura 15 – Frederick Grinnell.....	25
Figura 16 – Chuveiro automático – Frederick Grinnell (1882).....	26
Figura 17 – Sistema de Chuveiros Automáticos.....	28
Figura 18 – Sistema Tipo Anel Fechado.....	29
Figura 19 – Sistema Tipo Grelha.....	29
Figura 20 – Fases de acionamento do chuveiro automático.....	32
Figura 21 – Composição de um Chuveiro Automático.....	33
Figura 22 – Identificação/Posicionamento dos Chuveiros Automáticos – ABNT.....	34
Figura 23 – Chuveiros Automáticos (1 – em Pé; 2 - Pendente; 3 - Lateral).....	36
Figura 24 – Instalação Completa de Sistema de Hidrantes e Alarme de Incêndio em uma instalação industrial.....	43
Figura 25 – Típico da Válvula de Dilúvio (Deluge).....	46
Figura 26 – Conexão de Ensaio.....	48
Figura 27 – Esquemático do Método de Cálculo Hidráulico.....	50
Figura 28 – Distribuição dos Chuveiros Automáticos (SK).....	53
Figura 29 – Apresentação das Distâncias para o Cálculo das Áreas dos Sprinklers.....	54
Figura 30 – Curva de densidade/área.....	55
Figura 31 – Representação dos trechos de tubulação considerados.....	69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Número de Incêndios de Acordo com seu Porte.....	13
Tabela 2 - Natureza de incêndios no Estado de São Paulo – 2006.....	14
Tabela 3 - Causas possíveis de incêndio em São Paulo – 2006	14
Tabela 4 - Relação de Materiais com a Classe de Fogo.....	19
Tabela 5 - Limites de temperatura, classificação e código de cores dos chuveiros automáticos. Fonte: ABNT NBR 10897:2007	40
Tabela 6 - Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos.....	41
Tabela 7 - Demanda de hidrantes e duração do abastecimento de água para sistemas projetados por cálculo hidráulico.....	42
Tabela 8 - Exemplos de classificação de ocupações	44
Tabela 9 - Classificação dos Ambientes Quanto ao Fogo.....	45
Tabela 10 - Schedule das Linhas.....	49
Tabela 11 - Área de cobertura máxima por chuveiros automático e distância máxima entre chuveiros automáticos (chuveiros automáticos em pé e pendentes de cobertura padrão).....	52
Tabela 12 - Escolha dos Diâmetros para Distribuição de Água para Sprinklers.....	55
Tabela 13 - Cálculo para Reserva de Água para Sprinklers.....	56
Tabela 14 - Valores para cálculo da vazão dos sprinklers.....	58
Tabela 15 - L_{eq}/d_m por acessório.....	65
Tabela 16 – Resultado dos cálculos de acidentes no header principal de distribuição	66
Tabela 17 – Descrição dos trechos de tubulação considerados.....	68
Tabela 18 - Escolha dos Diâmetros para Distribuição de Água para Sprinklers.....	70
Tabela 19 - Resultados para Rede de Chuveiros Automáticos.....	71
Tabela 20 - Valores para o Cálculo de K	72
Tabela 21 – Resultados Obtidos.....	74

Capítulo 1 . INTRODUÇÃO

O fogo é um elemento natural, comum e, muitas vezes, essencial ao planeta. O homem sempre quis domina-lo. Durante milhares de anos o homem gerava faíscas ao bater uma pedra contra outra, junto a gravetos, para iniciar uma fogueira. O homem controlava a ignição, entretanto não conseguia controlar o fogo, que vinha de relâmpagos e vulcões, sendo esses fenômenos associados à ira dos deuses. (Del Carlo, 2008)

O mesmo autor define que o domínio do fogo permitiu um grande avanço para a sociedade, como a cocção dos alimentos, fabricação de recipientes de cerâmica, fabricação de objetos de vidro, forja do aço e fogos de artifício. Por outro lado, sempre houve perdas de vidas e de propriedades devido a incêndios. Nesse sentido, medidas preventivas são extremamente importantes e eficientes para evitar esse tipo de infortúnio.

Tendo em vista a preocupação de combate ao fogo, surgiram associações competentes para realizar estudos sobre este assunto. Ao longo dos anos, foram se desenvolvendo técnicas de combate. Uma descoberta de grande valia foi o chuveiro automático, dispositivo fixo de combate primário cujo agente extintor é a água.

Normas internacionais e nacionais foram criadas para o dimensionamento de um sistema de chuveiros automáticos, em que são estabelecidos requisitos mínimos para o projeto, a instalação e a manutenção dos chuveiros.

Sendo assim, com auxilio dessas normas, foi possível realizar o dimensionamento de uma rede de chuveiros automáticos para uma área de alto risco (risco extraordinário – grupo 1), uma oficina de marcenaria e isolamento, que contém material combustível particulado oriundo dos processos comuns a esta área.

1.1. Objetivo

Dimensionar um sistema de chuveiros automáticos através do método de mecânica dos fluidos para uma área de risco extraordinário – grupo 1. Verificar se a distribuição dos sprinklers está de acordo com as recomendações das normas brasileiras aplicadas ao caso.

Capítulo 2 . TEORIA DE INCÊNDIO

A IAFSS (*International Association for Fire Safety Science*) é uma associação internacional que reúne pesquisadores, envolvidos com segurança do fogo, dos maiores institutos e universidades do mundo. Para alguns autores foi sua criação, há pouco mais de vinte anos, possibilitou o estudo do fogo como ciência (Seito, 2008).

Mesmo após 20 anos da criação da IAFSS, muitos conceitos nesta área ainda não foram bem definidos, não havendo um total consenso. Isto é constatado quando se observa pequenas diferenças entre as definições dos termos “fogo” e “incêndio” usadas nas normas de vários países.

- Definição de fogo:

- a) NBR 13860 (Brasil): fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.
- b) NFPA (Estados Unidos da América): fogo é a oxidação rápida autossustentada acompanhada de evolução variada da intensidade de calor e de luz.
- c) ISO 8421-1 (Internacional): fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado de fumaça, chama ou ambos. A ISO 8421-1 define combustão como sendo uma reação exotérmica de uma substância combustível com um oxidante usualmente acompanhada por chamas e ou abrasamento e/ou emissão de fumaça.
- d) BS 4422: Part 1 (Inglaterra): fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado por fumaça, chama ou ambos.

- Definição de incêndio:

- a) NBR 13860 (Brasil): O incêndio é o fogo fora de controle.
- b) ISO 8421-1 (Internacional): Incêndio é a combustão rápida disseminando-se de forma descontrolada no tempo e no espaço.

Embora os termos “fogo” e “incêndio” possam ter definição levemente distinta de um país para outro, as teorias básicas do fogo estão hoje bem estabelecidas. O Triângulo do Fogo, e mais recentemente o Tetraedro do Fogo, são teorias fundamentais e universalmente aceitas.

2.1. Triângulo do Fogo

Primeiramente foi criada a teoria conhecida como Triângulo do Fogo. Segundo esta, para a existência do fogo, é necessária que existam três componentes: combustível, comburente e calor. A teoria é então representada pela figura geométrica de um triângulo, cujos lados são associados aos componentes, conforme pode ser observado na Figura 1. (Seito, 2008).

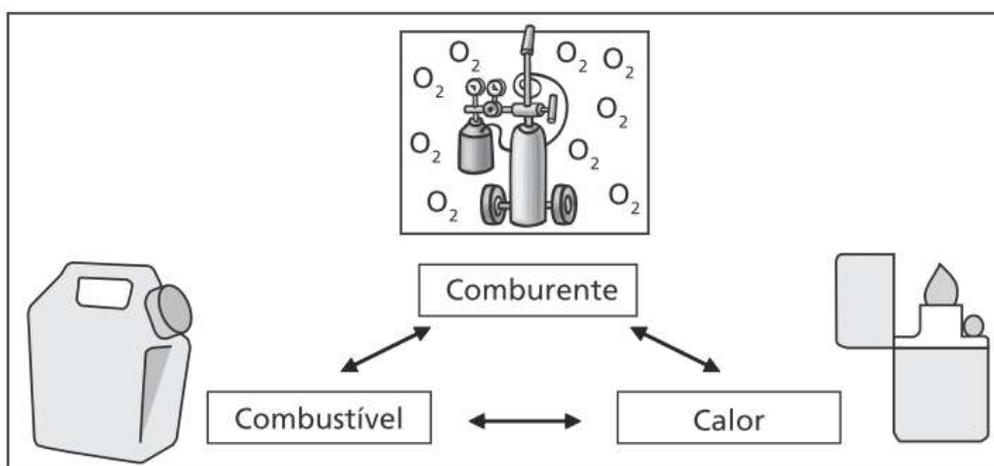


Figura 1 – Triângulo de Fogo. Fonte: Caruso, 2003.

Combustível é tudo aquilo capaz de entrar em combustão, ou seja, é tudo que pode pegar fogo. Os combustíveis são classificados quanto ao estado físico: sólidos (madeira, papel e carvão), líquidos (gasolina, álcool, óleo e diesel) ou gasosos (metano, etano e propano), conforme figura 2. E também podem ser classificados quanto à volatilidade: voláteis, não necessitam de aquecimento para desprenderem vapores inflamáveis (álcool, gasolina e éter), ou não voláteis, que necessitam de aquecimento para desprenderem vapores inflamáveis (óleo combustível, madeira e tecido) (CPN, 2005).

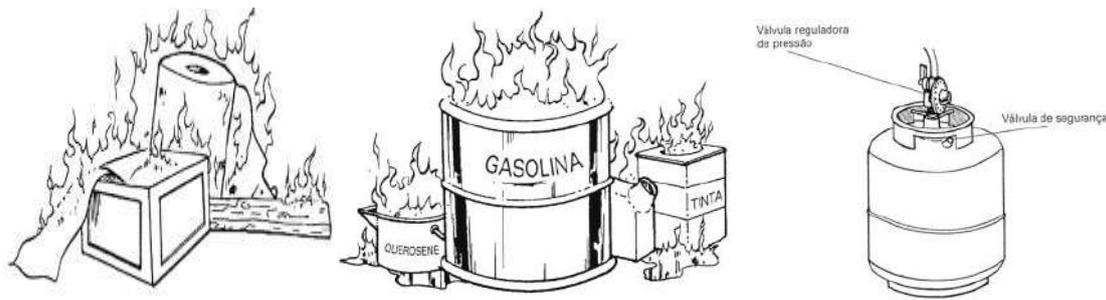


Figura 2 – Combustível sólidos, líquidos e gasosos em Combustão. Fonte: CPN, 2005.

O comburente mais frequente é o oxigênio existente no ar atmosférico (21% de oxigênio, 78% de nitrogênio e 1% de outros gases). Para a maioria dos combustíveis, não haverá combustão se o percentual na mistura gasosa do comburente contiver menos que 12% de gás oxigênio. Sendo o carvão uma exceção, este queima com somente 9% de oxigênio. (CPN, 2005).

Finalmente, segundo a CPN (2005), calor é uma forma de energia, também chamado agente ígneo, tem a função de dar início ao fogo, mantendo e incentivando sua propagação. Cada material necessita de uma quantidade de calor para inflamar-se, e este ponto chama-se ponto de ignição. A propagação pode se dar através de uma faísca, uma chama ou até mesmo um superaquecimento em aparelhos e máquinas.

2.2. Tetraedro do Fogo

Modernamente, foi acrescentado ao triângulo de fogo um novo elemento da combustão, a reação em cadeia. Sendo assim, a representação do fogo evoluiu para a figura geométrica de um tetraedro/quadrado, o tetraedro/quadrado do fogo (figura 3). Segundo Seito (2008), da mesma forma que o triângulo, a interpretação desta figura é de que cada uma das quatro faces do tetraedro representa um elemento do fogo - combustível, comburente, calor e reação em cadeia - e devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha.

A reação em cadeia é promovida pelos produtos de uma reação química de combustão gerando outras reações e outros produtos. A combustão de um combustível envolve a formação de inúmeros intermediários químicos.



Figura 3 - Tetraedro do Fogo. Fonte: Caruso, 2003.

Sendo assim, a reação em cadeia ocorre a partir de um fenômeno básico: ocorre a ruptura das moléculas dos combustíveis na reação de combustão, propiciando a formação de produtos intermediários instáveis, principalmente radicais livres, prontos a se combinarem com outros elementos, dando origem a novos radicais, ou finalmente, a corpos estáveis.

A energia liberada nas reações que ocorrem em cadeia alimenta a queima umas das outras, mantendo o ciclo de queima do combustível. A extinção da chama só ocorre quando um dos fatores de combustão deixa de estar presente.

2.3. Formação do Fogo

Combustíveis, sólidos e líquidos, possuem mecanismos similares de combustão. Quando esses materiais são aquecidos liberam vapores que, ao interagirem com o oxigênio do ar atmosférico, formam uma mistura inflamável (explosiva). Uma atmosfera formada por esse tipo de mistura pode entrar em ignição quando em presença de uma fonte de ignição (esta pode ser uma chama, fagulha, centelha, superfícies, superaquecidas, entre outras). A combustão ocorre sempre na fase vapor, ou seja, o líquido é vaporizado ou o sólido é decomposto em vapor antes de a combustão ocorrer. (Caruso, 2003)

A formação do fogo sempre dependerá da concentração dos vapores inflamáveis da mistura, da ventilação no ambiente em questão e da presença de fonte de ignição. Quando essas condições são atendidas existe combustão. A liberação de calor aumenta a vaporização, mantendo o processo de queima.

Segundo Seito (2008), deve-se levar em conta ainda o mecanismo de transmissão da energia (radiação, convecção e condução). Define-se condução do calor como o mecanismo pelo qual a energia (calor) é transmitida através do próprio material, em razão do contato com as partículas que formam o corpo. Pode-se observar o mecanismo da propagação desse fenômeno na figura 4.

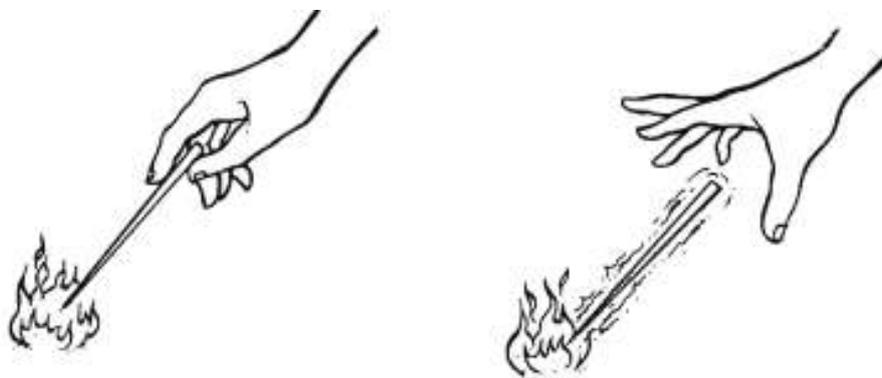


Figura 4 – Mecanismo de Propagação do Calor - Condução. Fonte: CPN, 2005.

A convecção do calor é fenômeno no qual o calor é transmitido através da movimentação do meio fluido aquecido, seja este um gás e/ou um líquido, levando para outros locais certa quantidade de calor. Este pode ser suficiente para que os materiais combustíveis alocados atinjam uma temperatura suficientemente alta para originar outro foco de fogo (auto-ignição).

E por último, existe mecanismo de propagação de calor por meio da radiação de energia. Essa é definida como sendo um mecanismo no qual a energia é transmitida sem usar nenhum meio material, por ondas caloríficas. Um exemplo desse fenômeno está representado na figura 5. (CPN, 2005)

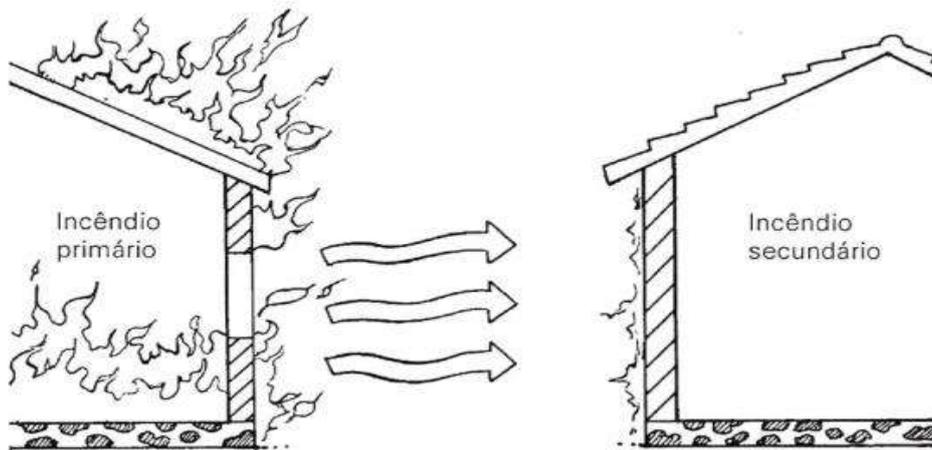


Figura 5 – Mecanismo de Propagação do Calor – Radiação de Energia. Fonte: CPN, 2005.

De acordo com o mesmo autor, a Figura 6 permite visualizar a influência do mecanismo de transmissão da energia, já que cada modo de transmissão influencia na manutenção e no crescimento do fogo.

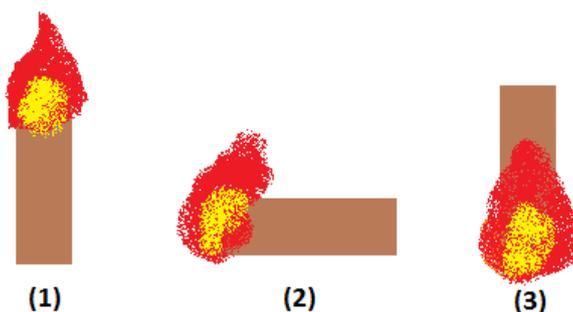


Figura 6 - Influência da condução, convecção e radiação na combustão.

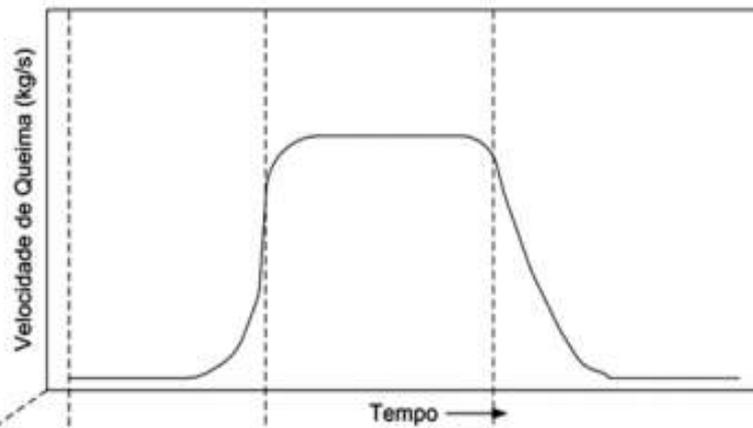
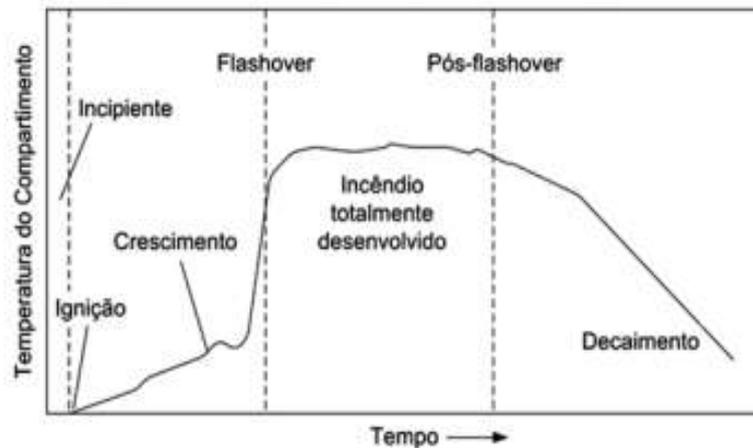
Pode-se observar na figura 6, que em (1) é predominante a transmissão de energia por condução do calor, a radiação de energia também contribui e a convecção praticamente não influencia. Já em (2), a condução do calor e a radiação de energia são preponderantes, a convecção do calor participa pouco. Em (3), há a contribuição proporcional da condução do calor, convecção do calor e a radiação de energia.

Segundo Seito (2008), na maioria das vezes, um incêndio inicia-se bem pequeno e a taxa de crescimento desse dependerá do tipo de item inicialmente ignizado, das características do comportamento ao fogo dos materiais na proximidade do item

ignizado e sua distribuição no ambiente. Normalmente, um incêndio apresenta três fases distintas:

“... a primeira fase é o incêndio incipiente tendo-se um crescimento lento, em geral de duração entre cinco a vinte minutos até a ignição, em que inicia a segunda fase caracterizada pelas chamas que começam a crescer aquecendo o ambiente. O sistema de detecção deve operar na primeira fase e o combate a incêndio e conseqüente extinção tem grande probabilidade de sucesso. Quando a temperatura do ambiente atinge em torno de 600 °C, todo o ambiente é tomado por gases e vapores combustíveis desenvolvidos na pirólise dos combustíveis sólidos. Havendo líquidos combustíveis, eles irão contribuir com seus vapores, ocorrerá a inflamação generalizada.”
(Seito, 2008)

A figura 7 ilustra as diferentes fases de um incêndio, relacionando a velocidade de queima versus o tempo, enfatizando seus estágios.



ESTÁGIO	INCIENTE	CRESCIMENTO	QUEIMA	DECAIMENTO
Comportamento do incêndio	Aquecimento do combustível	Queima controlada pelo combustível	Controlada por ventilação	Controlada pelo combustível
Comportamento humano	Prevenção do incêndio	Extinção manual, detectores de calor	Morte	Morte
Deteção	Detectores de fumaça	Detectores de fumaça, detectores de calor	Detectores externos de fumaça e chama	Detectores externos de fumaça e chama
Controle ativo	—	Extinção por chuveiros ou pelos bombeiros. Controle de fumaças	Controle pelos bombeiros	Controle pelos bombeiros
Controle passivo	Controle de materiais	Propagação superficial de chama	Resistência ao fogo, compartimentação, prevenção do colapso	Resistência ao fogo, compartimentação, prevenção do colapso

Figura 7 – Descrição geral de um incêndio compartimentado, considerando a influência temporal das variáveis envolvidas. Fonte: Silva, 2008.

2.4. Prejuízo, Danos e Mortes em um Incêndio

“Para analisar um sistema de proteção contra incêndio, é necessário considerar as perdas econômicas, perdas de vidas humanas e a redução ou paralisação total das atividades comerciais e/ou industriais. Sendo assim, projetar um sistema de combate ao fogo significa entender os riscos de perdas a que uma edificação possa estar sujeita, sejam elas humanas ou econômicas, e a partir desse conceito, minimizar ao máximo esses riscos.” (Roter, 2013)

Segundo Del Carlo (2008), a manutenção de sistemas de coleta, tratamento e análise de dados sobre incêndios é muito importante. Estes sistemas permitem organizar programas de proteção e prevenção contra incêndios, estimulando ainda educação em nível local e nacional.

Para ilustrar a importância de avaliação do sistema de combate ao fogo, são apresentados alguns dados sobre prejuízos, danos e mortes ocorridos devidos a incêndios.

Nos Estados Unidos da América (EUA) há uma maior facilidade de acompanhamento da evolução de episódios de fogo, uma vez que naquele país há a existência de uma entidade nacional desde 1897, *National Fire Protection Association* (NFPA), produzindo textos indicativos do nível de segurança contra incêndio (Gill, Negrisolo e Oliveira, 2008).

Segundo a NFPA, nos EUA, em 2005, houve 3.677 perdas de vidas humanas de civis em incêndios, 17.925 pessoas feridas, e 115 bombeiros mortos em serviço. No mesmo ano, 1,6 milhões de ocorrências de incêndios foram registradas, apresentando um valor estimado total de perdas da ordem de US\$ 10,7 bilhões. A instituição destaca que incêndios matam mais americanos do que todos os desastres naturais juntos. Embora incêndios industriais apresentem maior repercussão de mídia, 83% dos civis morreram em incêndios residenciais. (Del Carlo, 2008).

Em termos de Brasil há uma carência na centralização das estatísticas de incêndio, já que os dados são obtidos de modo fragmentado. Esse fato pode ser observado na própria apresentação dos números da atividade operacional do Corpo de

Bombeiros, onde é verificada uma não padronização na terminologia que permita uma comparação ideal (Duarte e Ribeiro, 2008). O CBMERJ, Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, divulga dados de incêndios atendidos, no próprio site da corporação, destacando-os de acordo com seu porte, Tabela 1.

Tabela 1 - Número de Incêndios de Acordo com seu Porte. Fonte: COCB/CBMERJ

PORTE/ANO	2004	2005	2006
PRINCÍPIO	4.439	4.430	4.792
PEQUENO	191	179	141
MÉDIO	25	22	25
GRANDE	4	1	4
OUTROS	10.023	10.347	12.589
TOTAL	14.682	14.979	17.551

Duarte e Ribeiro (2008) debatem sobre tal classificação:

“Essa classificação do incêndio de acordo com seu porte (dimensão) depende de outras variáveis (normalmente: do número de viaturas e homens empregados no combate, área atingida e quantidade de água utilizada, dentre outros fatores), já que um princípio de incêndio, por exemplo, num museu, em que uma obra clássica e famosa seja incendiada, pode se constituir num “grande” incêndio, tendo em vista o valor econômico envolvido; por outro lado, um incêndio num grande galpão de armazenamento de lixo, com fogo intenso, pode ser considerado “pequeno”, haja vista o pequeno valor econômico envolvido no dano material causado. Logo, esse tipo de classificação deve estar sempre acompanhada de critérios objetivos, eliminando eventuais dúvidas quando de sua categorização.” (Duarte e Ribeiro, 2008)

Por sua vez, Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP) disponibiliza, anualmente, em seu “Anuário Estatístico de Ocorrências”, dados sobre os vários atendimentos que realiza.

Em 2006, com relação à natureza dos incêndios no Estado de São Paulo, pode-se constatar, conforme tabela 2, que a maioria dos incêndios ocorreram em vegetação natural e em edificações.

Tabela 2 - Natureza de incêndios no Estado de São Paulo – 2006. Fonte: Anuário Estatístico do CBPMESP

OCORRÊNCIA	TOTAL	PERCENTUAL
INCÊNDIO EM EDIFICAÇÃO	10.257	20,3%
INCÊNDIO EM GLP DENTRO DE EDIFICAÇÃO	453	0,9%
INCÊNDIO EM GLP FORA DE EDIFICAÇÃO	203	0,4%
INCÊNDIO EM OBJETO FORA DE EDIFICAÇÃO	792	1,6%
INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO CULTIVADA	1.611	3,2%
INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO NATURAL	16.123	37,9%
INCÊNDIO EM VEÍCULO	4.574	9,0%
INCÊNDIOS DIVERSOS	13.515	26,7%
TOTAL DE INCÊNDIO	50.258	100%

Na tabela 3 estão as causas de incêndio mais frequentes em 2006 no estado de São Paulo. Observa-se que o ato incendiário representa uma grande parcela destes. E também é válido ressaltar que os casos de “outras causas”, 52,7%, são cenários onde não houve condições de apontar, de modo específico qual teria sido a causa possível (Duarte e Ribeiro, 2008).

Tabela 3 - Causas possíveis de incêndio em São Paulo – 2006. Fonte: Anuário Estatístico do CBPMESP

CAUSA POSSÍVEL	INCÊNDIOS	PERCENTUAL
OUTRAS CAUSAS	26,652	52,7%
ATO INCENDIÁRIO	13,653	27,0%
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INADEQUADAS (curto circuito e sobrecarga)	3,677	7,3%
DISPLICÊNCIA AO COZINHAR	1,059	2,0%
PRÁTICA DE AÇÕES CRIMINOSAS	966	1,9%
IGNIÇÃO ESPONTÂNEA	909	1,8%
BRINCADEIRA DE CRIANÇAS	705	1,4%
DISPLICÊNCIA DE FUMANTES COM PONTAS DE CIGARRO/FÓSFORO	696	1,3%
SUPERAQUECIMENTO DE EQUIPAMENTO	591	1,2%

2.5. Sistema de Combate

Os casos de grandes incêndios urbanos no Brasil alteraram a maneira de a sociedade encarar e operar a segurança contra incêndio, surgindo novos meios de alertas, controle e extinção de incêndios. Destacam-se aqui os incêndios nos edifícios Joelma e Andraus, em São Paulo, e Andorinha, no Rio de Janeiro.

2.5.1. Métodos de Extinção

Tendo em vista a teoria de incêndio já exposta (triângulo e tetraedro do fogo), pode-se chegar à conclusão que para prevenir o fogo basta impedir que os requisitos desse combinem-se de maneira adequada. Logo, uma vez instalada a combustão, pode-se extingui-la agindo em um ou mais de seus elementos. A seguir é apresentado como pode ser realizado o processo de extinção.

2.5.1.1. Resfriamento

Esse método é o mais utilizado para o combate ao fogo. Tem por princípio provocar a diminuição da temperatura do material combustível que está queimando, até que essa fique abaixo da temperatura de combustão* ou de ignição** e, em casos, abaixo do ponto de fulgor*** (Caruso, 2003).

A figura 8 apresenta exemplo de extinção de chamas através do método de resfriamento.

*Temperatura de Combustão: É a temperatura mínima necessária para que um combustível desprenda vapores ou gases inflamáveis que, combinados com o oxigênio do ar e ao entrar em contato com uma chama, se inflamam, e, mesmo que se retire a chama, o fogo não se apaga, pois essa temperatura faz gerar, do combustível, vapores ou gases suficientes para manter o fogo ou a transformação em cadeia.

Temperatura de Ignição: É aquela em que os gases desprendidos dos combustíveis entram em combustão apenas pelo contato com o oxigênio do ar, independente de qualquer fonte de calor. *Ponto de fulgor: É a temperatura mínima necessária para que um combustível desprenda vapores ou gases inflamáveis, os quais, combinados com o oxigênio do ar em contato com uma chama, começam a se queimar, mas a chama não se mantém porque os gases produzidos são ainda insuficientes. Fonte: CPN, 2005.

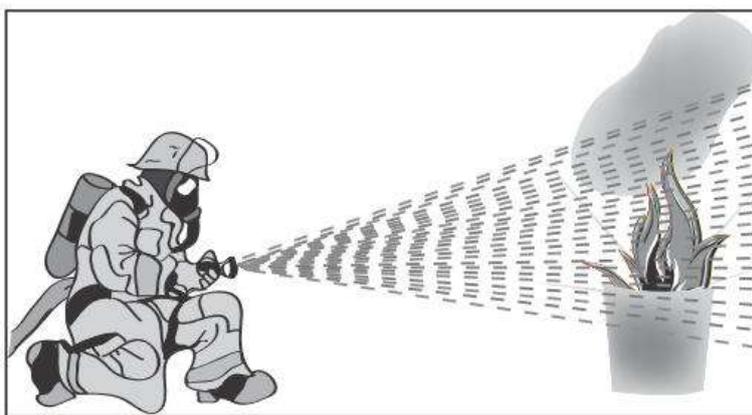


Figura 8 – Resfriamento. Fonte: Caruso, 2003.

Por ter uma grande capacidade de absorver calor e ser facilmente encontrada na natureza, a água é o meio mais usado para o combate por resfriamento.

Ferrari (2009) discute sobre esta técnica de combate e sua ineficácia para combater incêndios em líquidos inflamáveis como etanol e gasolina, por exemplo:

“A redução da temperatura do incêndio está ligada à quantidade e à forma de aplicação da água (jatos), de modo que ela absorva mais calor que o incêndio é capaz de produzir. É inútil o emprego de água onde queimam combustíveis com baixo ponto de combustão (menos de 20°C), pois a água resfria até a temperatura ambiente e o material continuará produzindo gases combustíveis” (Ferrari, 2009.)

2.5.1.2. Abafamento

O método por abafamento é o meio pelo qual ocorre a redução da presença do ar atmosférico no meio. Promove-se assim redução do oxigênio, isto é, do comburente, no processo da queima, impedindo o contato do oxigênio com o material combustível. Pode-se abafar o fogo com uso de materiais diversos, como areia, terra, cobertores, vapor d’água, espumas, pós, gases especiais, entre outros, vide figura 9. (Ferrari, 2009.)

Esta abordagem de combate não funciona para os materiais que possuem em sua composição o oxigênio, e queimam sem necessidade do oxigênio do ar atmosférico, como os peróxidos orgânicos e a pólvora.



Figura 9 – Abafamento. Fonte: Caruso, 2003.

2.5.1.3. Isolamento

Consiste na retirada ou na interrupção do fluxo do combustível que alimenta as chamas e daqueles ainda não atingidos pelo incêndio. (Caruso, 2003)

Ferrari (2009) afirma que a retirada do material combustível ainda não atingido, da área de propagação do fogo é a forma mais simples de se extinguir um incêndio, pois interrompe a alimentação da combustão. Outras técnicas também se enquadram nesse método de atuação, como o fechamento de válvula ou a interrupção de vazamentos de combustíveis líquidos ou gasosos.

2.5.1.4. Quebra da reação em cadeia

Também conhecida como “extinção química”, consiste no uso de agentes que interferem quimicamente na cadeia de reações de combustão, conforme pode ser observado na figura 10. Ou seja, o agente extintor reage com os produtos intermediários da combustão (radicais livres), reduzindo a intensidade da combustão até eliminá-la (Caruso, 2003). O denominado “Pó ABC”^{*} empregado nos extintores de incêndios em automóveis, e sistemas FM200^{**} e de gás halon são exemplos de sistemas de extinção baseados nesta abordagem.

^{*}Os extintores de uso múltiplo para as classes de fogo A, B e C utilizam Monofosfato de Amônia siliconizado como agente extintor. O agente pó ABC isola quimicamente os materiais combustíveis de classe A, derretendo e aderindo à superfície do material em combustão. Atua abafando e interrompendo e reação em cadeia de incêndios da classe B. Não é condutor de eletricidade.

^{**}FM-200 é o heptafluoropropano que, nas condições normais, é um gás incolor, inodoro, não condutor de eletricidade, e por não deixar resíduos é considerado um agente “limpo”. 17

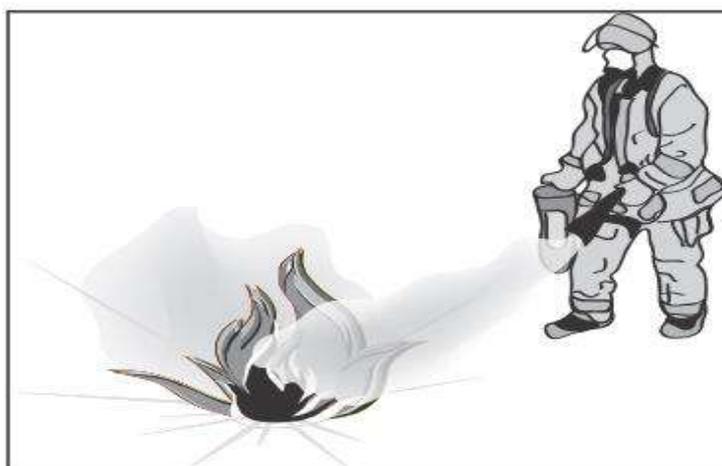


Figura 10 – Quebra da Reação em Cadeia. Fonte: Caruso, 2003.

2.5.2. Agentes Extintores

Segundo Caruso (2003), um agente extintor é definido como sendo todo material que, aplicado ao incêndio, interfere em sua reação química e, assim, desestrutura o tetraedro do fogo. Ao provocar uma descontinuidade, o agente extintor modifica as condições essenciais para a existência da combustão, provocando a extinção da chama através de um ou mais métodos já citados no item anterior.

“Existem vários agentes extintores, que atuam de maneira específica sobre a combustão. Os agentes extintores devem ser utilizados de forma criteriosa, observando a sua correta utilização e o tipo de classe de incêndio, tentando sempre que possível minimizar os efeitos danosos do próprio agente extintor sobre materiais e equipamentos não atingidos pelo incêndio.” (Ferrari, 2009)

Sendo assim, para fazer um plano de segurança para o combate a incêndio, é necessário primeiramente conhecer os materiais encontrados nos ambientes, pois assim é possível determinar a classe do fogo e então planejar o melhor agente para o combate.

O fogo é classificado de acordo com o combustível, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Relação de Materiais com a Classe de Fogo. Fonte: Caruso, 2003

	<p>Classe A</p>	<p>Materiais sólidos que deixam resíduos após a queima, tais como: madeira, papel, tecidos, etc.</p>
	<p>Classe B</p>	<p>Incêndios em líquidos e gases combustíveis ou em sólidos que se liquefazem quando entram em combustão, tais como: gasolina, diesel, GLP, parafina, etc.</p>
	<p>Classe C</p>	<p>Incêndio em equipamentos elétricos energizados, tais como: motores, painéis, cabos, geradores.</p>
	<p>Classe D</p>	<p>Incêndios em metais combustíveis, tais como: magnésio, titânio, potássio, zinco, sódio, etc.</p>
	<p>Classe K</p>	<p>Incêndios em materiais oleosos, tais como: óleo combustível, gordura em cozinhas, etc.</p>

A água é utilizada como agente extintor de combate a incêndio, sendo conhecida como o agente extintor “universal”. As suas características de emprego sob diversas formas e sua abundância possibilitam a aplicação da água em diversas classes de incêndio.

A água apresenta um excelente resultado no combate a incêndios da Classe A, podendo também ser usado na Classe B. Porém, não se deve usar água em incêndios de Classe C, uma vez que pode haver a condução de corrente elétrica.

Principalmente, a água age para promover o resfriamento e o abafamento da combustão, podendo, paralelamente a este processo, agir por emulsificação e por diluição. Pode ser aplicada sob a forma de neblina, vapor e em jato (figura 11). (Caruso, 2003)

O uso de água para o resfriamento tem, por finalidade, diminuir a temperatura do sistema, como descrito no item anterior.

O método de abafamento usando a água está relacionado à mudança de estado físico dessa. Ao ser aplicada sobre um combustível, muda do estado líquido para o estado gasoso. Quando o vapor d'água é gerado em uma quantidade suficiente, a concentração de oxigênio é gradativamente reduzida, o que diminui a intensidade da combustão até extingui-la. (Caruso, 2003)

Segundo o autor Caruso (2003), o combate por emulsificação é obtido por meio de jato chuva ou neblinado de alta velocidade. Pode-se obter a extinção de incêndios em líquidos inflamáveis viscosos, pois o efeito de resfriamento que a água proporcionará na superfície de tais líquidos impedirá a liberação de seus vapores inflamáveis. Contudo, não deve ser empregado em líquidos que possuam alta pressão de vapor, devido à pouca eficiência. Quando a água é usada com essa finalidade deve-se ter um cuidado especial, pois o volume do líquido contido em um recipiente aumenta, podendo resultar no transbordamento.

Caruso (2003) ainda diz que o método de diluição pode ser usado com sucesso em incêndios que envolvem combustíveis miscíveis em água (líquidos polares), porque estes permitem a formação de misturas adequadas à extinção da chama.

Normalmente, a aplicação de vapor d'água é utilizada quando o combate ocorre sobre um equipamento que trabalha superaquecido, evitando qualquer forma de choque térmico sobre o equipamento. Esse tipo de extinção está relacionado a uma mudança de estado físico da água, ou seja, passando do estado líquido para o estado vapor. (CBMERJ, 2008)

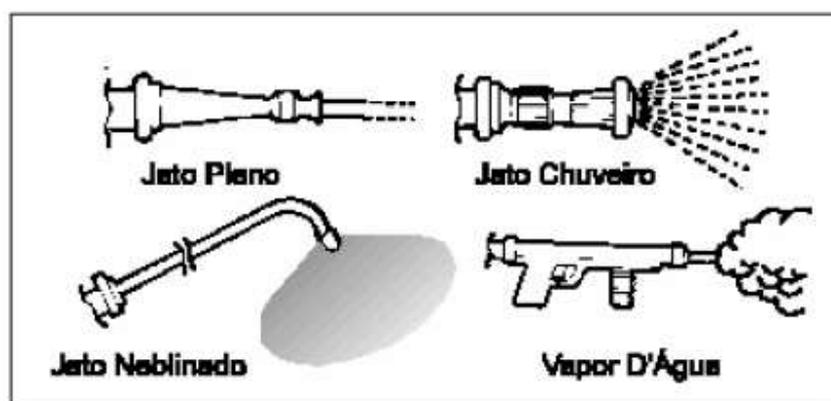


Figura 11 – Formas de Aplicação de Água. Fonte: CBMERJ, 2008.

De acordo com Ferrari (2009), também pode se combater o fogo por outros meios:

- Espuma: definida por ser uma solução aquosa de baixa densidade e de forma contínua, constituída por aglomerado de bolhas de ar ou gás inerte. Atuando por abafamento ou resfriamento.
- Pó Químico Seco (PQS): definido por um grupo de agentes extintores de finíssimas partículas sólidas, que não possuem características abrasivas.
- Dióxido de Carbono (CO_2 – Gás Carbônico): tem como propriedade ser um gás incombustível, inodoro, incolor, mais pesado que o ar. Não tóxico, porém sua ingestão provoca asfixia. Atua por abafamento.

Capítulo 3 . CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

3.1. Histórico

Segundo Pereira e Araújo Jr. (2011), em 1673, um grande incêndio na capital da Inglaterra levou John Green a projetar um sistema automático de combate ao fogo. Infelizmente não se tem detalhes específicos sobre o sistema desenvolvidos naquela época, pois os detalhes da invenção de John Green foram perdidos no decorrer da história.

O primeiro dispositivo automático para extinção de incêndios documentado era baseado em explosão e asfixia, e foi patenteado em 1723 por Ambrose Godfrey-Hanckuvitz, célebre químico. Seu busto está representado na figura 12.



Figura 12 – Busto de Ambrose Godfrey-Hanckuvitz, Químico, 1718. Fonte: Science Museum, London. <http://diomedia.com>.

O dispositivo criado por Godfrey, conforme figura 13, consistia em um barril com agente extintor, no caso pólvora, e um fio detonante. O sistema, ao ser acionado, extinguiu o incêndio em decorrência da explosão e, conseqüentemente, do consumo do oxigênio. Um método primário, porém totalmente coerente com as teorias de incêndio ainda hoje vigentes (Pereira e Araújo Jr., 2011).



Figura 13 – Dispositivo Automático contra Incêndio de Ambrose Godfrey-Hanckuvitz. Fonte: Pereira e Araújo Jr., 2011. Sistema de Chuveiros Automáticos. Revista Científica Aprender. 4ª edição, 05/2011.

Até o início do século XIX os sistemas de proteção se restringiam aos vigias de incêndio e aos recursos incipientes de combate. Foi verificada a necessidade de melhores sistemas de proteção contra incêndios para edifícios e áreas de risco.

Segundo Bryan (1976), em 1806, John Carey (inglês) inventou um primeiro sistema rudimentar de chuveiros automáticos. Seu sistema era constituído por tubos perfurados conectados a um sistema de suprimento de água com um reservatório elevado. A coluna de distribuição de água era dotada de válvula fechada conectada a um sistema de cordas e contra pesos, que ao serem rompidas ou queimadas abriam a válvula por operação do contrapeso, liberando assim, a água para o combate ao fogo.

Em 1812, Sir Willian Congreve executou melhorias no sistema de John Carey e projetou um sistema automático que foi instalado no Teatro Real de *Drury Lane*. O sistema possuía um depósito cilíndrico, elevado e alimentado por um tubo principal procedente da estação distribuidora de água. O depósito de água abastecia uma rede com tubulações que era distribuída por todo o teatro contendo um conjunto de orifícios com diâmetro de 12,7 mm. As cordas do sistema de John Carey foram substituídas por um cimento fundível, projetado para entrar em operação a 44°C.

Em 1864, o Major A. Stewart Harrison, do Primeiro Corpo de Bombeiros Voluntários de Londres, utilizou um elemento fusível de baixo ponto de fusão para comandar o funcionamento do sistema fixo de combate. Apresentava, assim, um elemento termossensível, que se fundia sob a ação do calor e permitia a descarga de água sob pressão em todas as direções, acionando somente aqueles chuveiros atingidos pela ação do calor.

Logo, os precursores dos chuveiros automáticos foram os bicos abertos e os canos perfurados. Porém, estes sistemas não eram completamente eficientes, pois os orifícios de descarga dos canos muitas vezes entupiam com materiais estranhos ou com a própria ferrugem, fazendo com que a distribuição da água fosse deficiente. Com a criação de Harrison, notou-se que a existência dos bicos abertos foi um aprimoramento dos canos perfurados, sendo estes bicos constituídos por bulbos metálicos com numerosas perfurações. Os bicos eram atarraxados às canalizações, procurando, desta forma dar uma melhor distribuição da água. Conseqüentemente, este sistema era ligeiramente melhor do que o anterior (Pereira e Araújo Jr., 2011).

Em 1875, Henry S. Parmelee produziu o primeiro chuveiro automático moderno (figura 14), sendo que, em 1878, o chuveiro foi considerado viável e aprovado para as atividades comerciais e também reconhecido pelas seguradoras. A peça consistia em uma cabeça ou bico com vários furos (crivo), com uma tampa de latão fechada por um anel de solda de baixo ponto de fusão (Gonçalves e Feitosa, 1998).

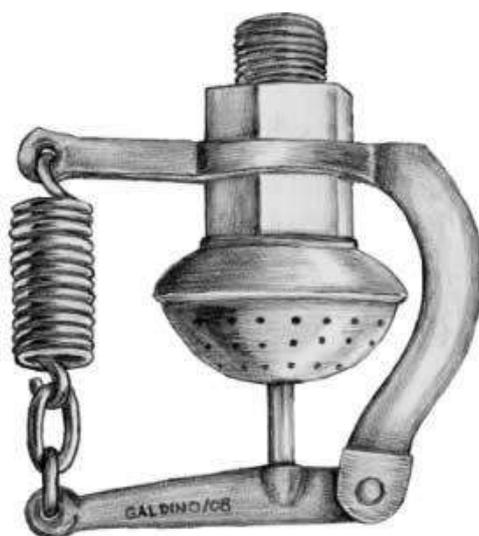


Figura 14 – Chuveiro automático proposto por Henry S. Parmelee (1875). Fonte: Pereira e Araújo Jr., 2011. Sistema de Chuveiros Automáticos. Revista Científica Aprender. 4ª edição, 05/2011.

De acordo com Pereira e Araújo Jr. (2011), apesar do aprimoramento do sistema de combate ao fogo projetado por Henry S. Parmelle, esse oferecia o inconveniente de que a solda ficava muito próxima ao encanamento e em contato com a água. Assim, o contato resfriava a solda e condicionava o funcionamento do equipamento ao aquecimento da água, provocando o retardamento da operação. A solda ainda não oferecia suficiente resistência e o sistema entrava em operação acidental nas situações mais inoportunas, o que determinou pouca aceitação e posterior melhoria.

Frederick Grinnell, inventor, engenheiro e empreendedor industrial comprou, em 1869, uma participação majoritária em uma companhia que fabricava aparelhos extintores de incêndio. Em 1882, após estudos, Grinnell aprimorou o dispositivo de Parmelle. O novo sistema de chuveiros automáticos tinha a capacidade de suportar pressões superiores e a distribuição de água era mais uniforme. Na figura 15 tem-se uma foto do Frederick Grinnell.



Figura 15 – Frederick Grinnell. Fonte:
<http://www.rpi.edu/dept/NewsComm/sub/fame/inductees/frederickgrinnell.html>

Segundo Pereira e Araújo Jr. (2011), em 1890 foi lançado por Grinnell um bico de chuveiro automático com tampa de solda que não permitia o contato com a água e um sistema de estaqueamento que permanecia fechado até que a solda fundisse completamente em caso de fogo, com o objetivo de eliminar os problemas de corrosão que ocorria nos modelos de metal, conforme observado na figura 16.



Figura 16 – Chuveiro automático – Frederick Grinnell (1882). Fonte: Pereira e Araújo Jr., 2011. Sistema de Chuveiros Automáticos. Revista Científica Aprender. 4ª edição, 05/2011

A partir daí, houve uma série de pesquisas contínuas no sentido de aperfeiçoar e, conseqüentemente, melhorar a eficiência desse sistema.

De acordo com Oliveira, Gonçalves e Guimarães (2008), pode-se pontuar a evolução do sistema de combate ao fogo:

- 1806 – John Carey cria um sistema de tubos perfurados, atuadores e cordas em chamas.
- 1812 – Sir William Congreve projeta tubos perfurados com válvulas fechadas.
- 1875 – O primeiro chuveiro automático moderno é inventado por Parmelee.
- 1882 – Baseado em Parmelee, Grinnell inventa um sistema de chuveiro automático aprimorado, com capacidade de suportar pressões maiores e de distribuir a água mais uniformemente.
- 1885 – Realização de testes extensivos em sistemas de chuveiros automáticos por John R. Freeman;
- 1895 – Ocorre uma reunião dos representantes de seguradoras em Nova York para estabelecer normas de proteção contra incêndio;

- 1896 – A *National Fire Protection Association* (NFPA) é oficialmente instituída e publica normas pra sistema de proteção contra incêndios.

Ao decorrer dos anos, os estudos e pesquisas sobre sistema de chuveiros automáticos continuaram a se desenvolver, sendo que em 1925, na Inglaterra, a empresa *Mather & Platt* substituiu a solda no bico de chuveiro automático por um bulbo de quartzo como elemento termossensível. O material constituinte do bulbo colocado era de caráter resistente, uma vez que resiste à corrosão e à pressão da água, e também era de caráter permanente, além de ser sensível à elevação da temperatura. No interior do bulbo havia um líquido de alta sensibilidade ao calor, que se expandia por sua ação até o rompimento das paredes do bulbo e consequente liberação do tampão que obstruía a saída da água da tubulação, para assim, combater o fogo (Pereira e Araújo Jr., 2011).

3.2. Conceitos e Definições

O sistema de chuveiros automáticos ou também conhecido hoje como sprinklers, desde sua invenção e correta aplicação, tem demonstrado ser o melhor equipamento disponível, e que obteve maior êxito no combate aos incêndios em edificações e áreas de risco. Porém, é imprescindível ressaltar que um sistema desse tipo tem como função central realizar o primeiro combate ao incêndio, na sua fase inicial, para extingui-lo ou então controlá-lo até a chegada do Corpo de Bombeiros. A função secundária desse sistema é de alertar os ocupantes da edificação ou da área de risco sobre um possível incêndio (Pereira, 2011).

Mesmo a edificação tendo um sistema de chuveiros automáticos instalado não se pode garantir o sucesso do combate ao incêndio. Como em qualquer sistema de engenharia, o comprador, contratante ou gestor técnico de uma edificação deverão se certificar de que os projetos sejam executados por profissionais competentes e que, de fato, entendam os riscos da edificação em questão. Os sprinklers devem ser especificados com certificação da ABNT. O cuidado na instalação e manutenção é imprescindível, e qualquer mudança na forma de ocupação, atividades e/ou layouts internos, devem ser comunicadas ao projetista e ao instalador para as devidas adaptações do sistema.

Segundo a ABNT NBR 10897:2007, o sistema de chuveiros automáticos, para fins de proteção contra incêndio, é constituído de um sistema integrado de tubulações alimentado por uma ou mais fontes de abastecimento automático de água, conforme figura 17.



Figura 17 – Sistema de Chuveiros Automáticos. Fonte: Pereira e Araújo Jr., 2011. Sistema de Chuveiros Automáticos. Revista Científica Aprender. 4ª edição, 05/2011

A ABNT NBR 10897:2007 define os tipos de sistemas de chuveiros automáticos existentes. Ação prévia é o sistema que faz uso de chuveiros automáticos fixados a uma tubulação que contem ar, podendo ou não estar pressurizada, conjugado a um sistema complementar de detecção instalado na mesma área dos chuveiros automáticos. O sistema de tubo molhado é quando os chuveiros automáticos são fixados a uma tubulação que contém água e está conectada a uma fonte de abastecimento, de maneira que a água seja descarregada imediatamente pelos chuveiros automáticos, quando abertos pelo calor do incêndio.

O sistema de anel fechado é um sistema onde as tubulações subgerais múltiplas são conectadas de modo a permitir que a água siga mais do que uma rota de escoamento

até chegar a um chuveiro em operação. Os ramais não são conectados entre si, conforme figura 18.

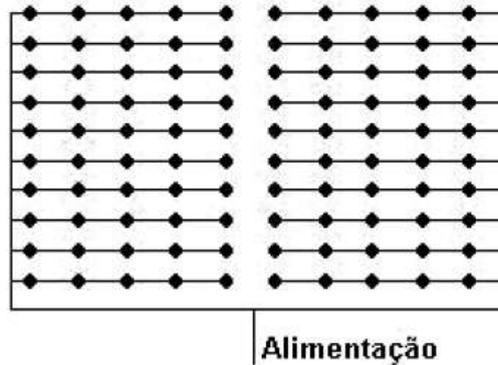


Figura 18 – Sistema Tipo Anel Fechado. Fonte: ABNT NBR 10897:2007.

O sistema tipo grelha é quando os ramais múltiplos são conectados nas tubulações subgerais. Ou seja, um chuveiro em operação recebe água pelas duas extremidades do ramal, enquanto outros ramais auxiliam o transporte da água entre as tubulações subgerais (esquemático representado na figura 19).

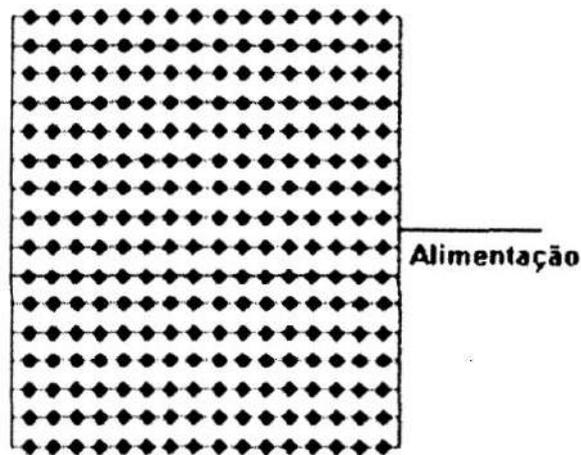


Figura 19 – Sistema Tipo Grelha. Fonte: ABNT NBR 10897:2007.

E por último, dilúvio é o sistema onde são utilizados os chuveiros abertos, fixados a uma tubulação que está conectada a uma fonte de abastecimento de água por um uma válvula, que é aberta pela operação de um sistema de detecção instalado na mesma área dos chuveiros. Ao ser aberta a válvula, a água flui através da tubulação e é descarregada por todos os sprinklers.

Sendo assim, para a utilização dos sistemas acima descritos, é recomendado pela mesma norma que os define a utilização de diferentes requisitos para cada um dos sistemas ou combinação destes. Em um sistema de tubo molhado, por exemplo, quando há a utilização de válvulas de retenção e alarme ou somente válvulas de retenção, deve-se instalar um manômetro acima e outro abaixo de cada válvula. Além disto, em um sistema de tubo molhado em forma de grelha deve-se ter uma válvula de alívio de no mínimo 6,4 mm, regulada para operar a no máximo 1,21 MPa (11,42 kgf/cm²g), sendo esta válvula, preferencialmente, instalada na coluna principal de alimentação, imediatamente acima da válvula de retenção e alarme.

Também é importante ressaltar os requisitos para um sistema de ação prévia e sistemas dilúvio, nos quais devem ser alocados válvulas automáticas, manômetros e aparatos de detecção. A válvula automática de controle deve também poder ser operada manualmente, independentemente dos chuveiros automáticos e dos detectores. O acionamento manual pode ser feito com auxílio de dispositivos mecânicos, hidráulico ou pneumático. Os manômetros devem ter fundo de escala de no mínimo duas vezes mais a pressão do sistema no ponto em que forem instalados, e devem ser instalados de modo a poderem ser removidos na linha de abastecimento de ar para as válvulas de ação prévia e dilúvio, ou a montante e a jusante da válvula de ação prévia, ou ainda a montante da válvula dilúvio. Dependendo do tipo de risco a ser protegido por esse sistema, a detecção de fogo pode ser via sistema hidráulico (por exemplo, chuveiros automáticos), pneumáticos, detectores convencionais de fumaça, de calor e de radiação por infravermelho.

A válvula que controla cada coluna de alimentação do sistema deve ser instalada na própria coluna ou na tubulação que a abastece, sendo esta válvula de controle locada em um abrigo iluminado e ventilado. (ABNT NBR 10897:2007)

O princípio da descarga automática de água, com densidade suficiente para controlar ou extinguir os focos iniciais de incêndio, é o fundamento da proteção contra incêndios das edificações com chuveiros automáticos. Para projetar uma rede de chuveiros automáticos que consiga cumprir com esse objetivo é essencial que seja adotado um tipo adequado de distribuição de chuveiros, correspondente ao risco que se deseja proteger. Sendo assim, de acordo com Roter (2013), de uma forma mais específica, o sistema de sprinklers deve ser projetado atendendo às seguintes condições:

“A distribuição dos sprinklers deve ser por toda a área protegida; A área máxima por sprinkler, de acordo com o risco a proteger, não deve ser excedida; A interferência à descarga de água por obstruções deve ser mínima, de acordo com as normas; A escolha da localização em relação ao teto ou ao telhado deve ser bem estudada para se obter uma sensibilidade adequada para o acionamento, em função de acúmulo mais rápido de calor junto ao sprinkler.” (Roter, 2013)

Segundo as recomendações das normas, o dimensionamento das tubulações do sistema de sprinklers deve ser efetuado através de tabelas ou por cálculo hidráulico. De acordo com o risco a proteger, as tubulações de chuveiros automáticos são instaladas em edifícios, estruturas ou áreas de interesse, normalmente junto ao teto. Nas tubulações, são conectados os sprinklers, segundo o padrão regular.

Uma vez que o projeto de um sistema de combate a incêndio por chuveiros automáticos for concluído, na hora da instalação e na manutenção, os responsáveis pela edificação em questão deverão verificar a qualidade, procedência e garantias oferecidas pelo fornecedor dos chuveiros. Devem ainda exigir a certificação do produto por órgão certificador competente (ABNT), que garante tanto a conformidade às normas ABNT NBR 6125 e ABNT NBR 6135, como também que a empresa fornecedora tem uma estrutura produtiva e de atendimento adequada.

Os responsáveis pelo projeto também devem se certificar de que a instalação dos sprinklers será realizada somente com ferramentas específicas para a função, evitando desta forma danos ao equipamento. Não é permitido pintar e nem pendurar objetos nos chuveiros, além de ser necessária checagem visual para verificar a integridade dos sprinklers periodicamente. Deve-se ainda verificar e testar a pressurização do sistema como um todo e dos componentes do sistema, como bombas, instrumentos, válvulas e tubulações. (Roter, 2013)

A fim de manter, na edificação, uma pequena reserva para o momento em que a troca de uma ou mais peças sejam necessárias, os projetistas devem prever um número extra de sprinklers a serem armazenados no próprio local, para que não haja necessidade de realizar uma busca urgente no mercado. Estes devem ser mantidos em local cuja temperatura não supere 38 °C. A ABNT NBR 10897:2007 recomenda que o estoque dos chuveiros automáticos sobressalentes inclua todos os modelos instalados. No

sistema com até 300 chuveiros automáticos, no mínimo 6 (seis) chuveiros extras devem ser mantidos. Para um sistema com 301 a 1000 chuveiros, são necessários no mínimo 12 (doze) sprinklers de reserva, e em um sistema com mais de 1000 chuveiros automáticos, no mínimo 24 (vinte e quatro) sobressalentes.

Segundo a ABNT NBR 6135, o chuveiro automático para extinção de incêndio é um dispositivo destinado a projetar água em forma de chuva sobre uma determinada área com vazão e pressão especificadas, para controlar ou extinguir um foco de incêndio. O chuveiro é dotado de elemento termossensível acionado em temperatura pré-determinada. Quando a temperatura de operação é alcançada, ocorre a abertura do orifício de descarga, conforme apresentado na figura 20.



Figura 20 – Fases de acionamento do chuveiro automático. Fonte: Pereira e Araújo Jr., 2011. Sistema de Chuveiros Automáticos. Revista Científica Aprender. 4ª edição, 05/2011.

Os sprinklers ou chuveiros automáticos são compostos pelo corpo, defletor, obturador e o elemento sensível. Todos esses componentes são apresentados na figura 21. O corpo é a parte do chuveiro automático que contém rosca, para fixação na tubulação, braços e orifícios de descarga, e serve como suporte dos demais componentes. O defletor é o componente destinado a quebrar o jato sólido, de modo a distribuir a água, segundo padrões estabelecidos nas normas. O obturador é o componente destinado à vedação do orifício de descarga nos chuveiros automáticos, e que também atua como base para o elemento sensível tipo bulbo de vidro. O elemento sensível é o componente destinado a liberar o obturador por efeito da elevação da temperatura, por ter atingido a temperatura de operação, e com isso fazer a água fluir

contra o foco de incêndio. Os elementos termossensíveis podem ser do tipo ampola de vidro ou fusíveis de liga metálica. (ABNT NBR 6135)

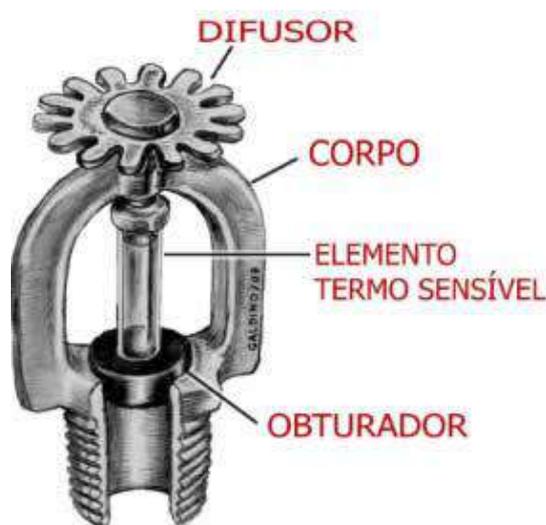


Figura 21 – Composição de um Chuveiro Automático. Fonte: Pereira e Araújo Jr., 2011. Sistema de Chuveiros Automáticos. Revista Científica Aprender. 4ª edição, 05/2011.

As normas ABNT NBR 6135 e ABNT NBR 6125 definem que os sprinklers devem apresentar, no mínimo, no corpo e/ou no defletor, a marca do fabricante e modelo, o ano de fabricação, a letra código da posição, a temperatura nominal de operação, o diâmetro nominal do orifício e as cores corretas dos elementos termossensíveis.

Adicionalmente, a estas identificações, os chuveiros automáticos devem estampar a Marca de Conformidade ABNT, à norma ABNT NBR 6135, conforme mostrado na figura 22. Tendo assim, sua qualidade assegurada por um processo de certificação independente e de supervisão contínua.

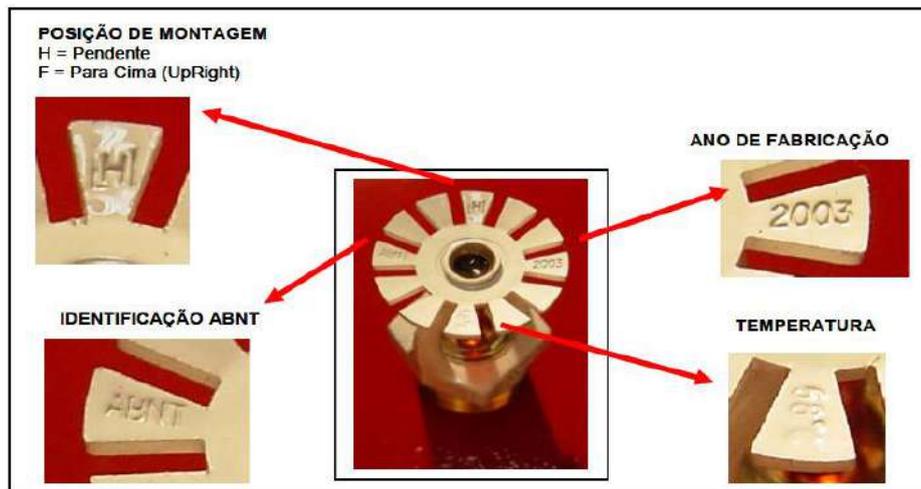


Figura 22 – Identificação/Posicionamento dos Chuveiros Automáticos – ABNT. Fonte: Apostila do Centro de Instrução Especializada de Bombeiros - RJ.

3.3. Eficiência

Ao longo da década de 80, nos Estados Unidos da América (1978 a 1987), foi realizada uma pesquisa por Solomon (1996), na qual foi possível obter dados reais a cerca da eficiência de combate a incêndio dos chuveiros automáticos:

- 28% dos focos de incêndio foram extintos ou controlados por apenas 1 (um) sprinkler;
- 46% dos focos de incêndio foram extintos ou controlados por apenas 2 sprinklers;
- 89% dos focos de incêndio foram extintos ou controlados por até 15 (quinze) sprinklers.

Adicionalmente, a NFPA (*National Fire Protection Association*) também afirma que os danos materiais causados por incêndios em hotéis foram 78% menores nos estabelecimentos que possuíam um sistema correto de chuveiros automáticos.

3.4. Tipos de Chuveiros Automáticos

Atualmente, existem vários modelos de chuveiros automáticos disponíveis no mercado, tendo esses um conjunto de características próprias, estabelecidas por

dimensões, formas e materiais constituintes de seus componentes. Diferem ainda nos diâmetros nominais do orifício, a posição de instalação e o tipo de elemento sensível. (ABNT NBR 6135)

Segundo a ABNT NBR 10897:2007, podem-se classificar os chuveiros automáticos quanto à distribuição de água, à velocidade de operação, às condições especiais de uso e à orientação de instalação.

3.4.1. Classificação quanto à velocidade de operação

Há chuveiros automáticos de resposta rápida e chuveiros automáticos de resposta imediata e cobertura estendida. Ambos os tipos possuem elementos termossensíveis, com o índice de tempo de resposta (RTI) igual ou menor a $50 \text{ m/s}^{1/2}$. Porém, os chuveiros de resposta imediata e cobertura estendida são projetados para cobrir uma área maior do que a área de cobertura de chuveiros-padrão.

3.4.2. Classificação quanto às condições especiais de uso

Nessa classe existem três categorias: chuveiro decorativo, chuveiro resistente à corrosão e o chuveiro seco. O chuveiro decorativo é pintado ou revestido pelo fabricante. Os resistentes à corrosão, como a própria classificação diz, são fabricados com materiais resistentes à corrosão, ou com revestimentos especiais, para serem utilizados em atmosferas agressivas. O chuveiro seco é um tipo de chuveiro que fica fixado a um *niple* de extensão (conexão de tubulação), que possui um selo na extremidade de entrada para permitir que a água ingresse em seu interior em caso de operação do chuveiro. Estes são normalmente usados em áreas sujeitas a temperaturas congelantes, tais como câmaras frigoríficas e áreas não aquecidas internas e externas de edifícios.

3.4.3. Classificação quanto à orientação de instalação

Os chuveiros automáticos podem ser instalados em várias posições, e para cada uma delas tem um formato de defletor adequado.

Os chuveiros chamados de chuveiros-padrões são modelos antigos, que já se encontram em desuso, nos quais o tipo de defletor possibilita que cerca de 50% da água seja projetada para baixo e que os outros 50% sejam projetados para cima.

Os chuveiros pendentes foram projetados para serem instalados em uma posição na qual o jato de água é direcionado para baixo, contra o defletor. Os chuveiros em pé são projetados para serem instalados em uma posição na qual o jato de água é direcionado em cima, contra o defletor. O chuveiro com defletor especial projetado para descarregar água para longe da parede mais próxima a ele, em um formato parecido com um quarto de esfera é conhecido como chuveiro lateral. Nesse tipo, um pequeno volume de água é direcionado à parede atrás do chuveiro. Esses tipos estão representados na figura 23.



Figura 23 – Chuveiros Automáticos (1 – em Pé; 2 - Pendente; 3 - Lateral). Fonte: Pereira e Araújo Jr., 2011. Sistema de Chuveiros Automáticos. Revista Científica Aprender. 4ª edição, 05/2011.

Os embutidos são chuveiros decorativos, cujo corpo, ou parte dele, exceto a rosca, é montado dentro de um invólucro embutido. Os chuveiros tipo flush se assemelham ao embutido, porém, inclusive a rosca é montada acima do plano inferior do teto e, ao ser ativado, o defletor se prolonga para baixo do plano inferior do teto.

Também existe o chuveiro oculto, que é um chuveiro embutido, coberto por uma placa que é liberada antes do funcionamento do próprio.

3.4.4. Classificação quanto à distribuição de água

Os chuveiros podem ser classificados de acordo com a sua distribuição de água, podendo ser de cobertura extensiva ou tipo spray. O de cobertura extensiva é projetado para cobrir uma área maior do que a área de cobertura de chuveiros-padrão, e o tipo spray é o chuveiro cujo defletor direciona a água para baixo, lançando uma quantidade mínima de água, ou nenhuma, para o teto.

3.5. Classificação dos Riscos de Ocupações

O objetivo principal da classificação do risco quanto à ocupação é a proteção da edificação em relação: à quantidade de carga térmica; o risco de inflamação dos materiais; aos produtos contidos na edificação; às características ocupacionais da área e ao uso do ambiente; por meio de uma quantidade adequada de chuveiros automáticos (Gonçalves e Feitosa, 1998).

Segundo a ABNT NBR 10897:2007, a classificação apresentada a seguir aplica-se somente aos sistemas de chuveiros automáticos e a seus abastecimentos de água.

3.5.1. Ocupações de Risco Leve

Compreendem as ocupações ou parte das ocupações onde o volume da combustibilidade e/ou a quantidade do conteúdo (carga térmica ou carga incêndio) é baixa, tendendo à moderada. É esperada taxa de liberação de calor baixa a média. São exemplos de edificações com esse tipo de risco:

- Prédios de escritórios (incluindo Centros de Processamento de Dados);
- Hotéis;
- Escolas (salas de aula);

- Bibliotecas e salas de leituras, exceto salas com prateleiras altas;
- Áreas de refeição em restaurantes, exceto áreas de serviço.

3.5.2. Ocupações de Risco Ordinário

Compreendem as ocupações isoladas em que a combustibilidade do conteúdo (carga incêndio) e o volume são médios e subdividem-se em dois grupos: Grupo 1 e Grupo 2.

As áreas classificadas como área de risco ordinário - grupo 1 são as que compreendem as ocupações industriais ou comerciais, onde a combustibilidade do conteúdo é baixa e a quantidade de materiais combustíveis é moderada. A altura de armazenagem não deve exceder 2,4 m, e, em caso de incêndio, liberação de calor moderada é esperada. São exemplos de atividades e de edificações com esse tipo de risco:

- Fábricas de produtos eletrônicos;
- Lavanderias;
- Estacionamento de veículos e showrooms;
- Padarias e confeitarias;
- Área de serviço de restaurante.

As áreas classificadas como área de risco ordinário - grupo 2 são as ocupações ou parte das ocupações isoladas, comerciais ou industriais, onde a quantidade e a combustibilidade do conteúdo é moderada a alta. A altura dos estoques/armazenagem não deve passar de 3,7 m e são esperados incêndios com alta taxa de liberação de calor. São exemplos de edificações com este tipo de risco:

- Indústria metalúrgica;
- Indústrias têxteis;
- Bibliotecas – áreas de prateleiras altas;
- Montagem de produtos de madeiras

- Fabricação de papel e celulose.

3.5.3. *Ocupações de Risco Extra ou Extraordinário*

Compreendem as ocupações isoladas em que o volume e a combustibilidade do conteúdo são altas e possibilitam um incêndio de desenvolvimento rápido e uma alta taxa de liberação de calor. Assim como as ocupações do risco ordinário, essa ocupação subdividem-se em dois grupos: Grupo 1 e Grupo 2.

As ocupações de risco extraordinário do grupo 1 compreendem as áreas ou partes destas onde a quantidade e a combustibilidade do conteúdo são muito altas, podendo haver a presença de pós e outros materiais que provocam incêndio de rápido desenvolvimento, produzindo alta taxa de liberação de calor. Neste grupo, as ocupações não devem possuir líquidos combustíveis e inflamáveis. São exemplos de atividades e de edificações com este tipo de risco:

- Extrusão de metais;
- Hangares sem a presença de líquidos combustíveis e inflamáveis;
- Serrarias;
- Estofamento de móveis com espumas plásticas;
- Recuperação, formulação, secagem, moagem e vulcanização de borracha.

As ocupações ou parte das ocupações isoladas em que se empregam líquidos inflamáveis e combustíveis em quantidade moderada a substancial são as áreas de risco extraordinário do grupo 2. São exemplos de atividades e de edificações com esse tipo de risco:

- Limpeza com solventes;
- Processamento de Plásticos;
- Saturação com asfalto;
- Pintura e envernizamento por imersão.

No Anexo A deste trabalho são apresentadas tabelas com mais exemplos de ocupações aplicáveis a norma ABNT NBR 10897:2007.

3.7. Temperaturas

Como já discutido, existem diversos tipos de chuveiros automáticos, e uma forma de diferenciá-los são suas distintas temperaturas de acionamento, variando de 57°C a 343°C. A escolha do equipamento adequado é determinada pela temperatura máxima normal no ambiente, já considerando uma margem mínima de acionamento de 20°C acima da temperatura máxima estimada.

A ABNT NBR 10897:2007 define que as temperaturas nominais de operação dos chuveiros automáticos devem seguir a tabela 5, exceto no caso de sprinklers decorativos, chuveiros automáticos resistentes à corrosão e os chuveiros automáticos de liga fusível, devem ter seus braços pintados e seus bulbos de vidro com líquido colorido conforme a mesma tabela. Os chuveiros resistentes à corrosão podem ser identificados de três maneiras: com um ponto no topo do defletor, com revestimentos de cores específicas e pela cor dos braços.

Tabela 5 - Limites de temperatura, classificação e código de cores dos chuveiros automáticos.
Fonte: ABNT NBR 10897:2007

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

3.8. Fator K de Descargas

A vazão de água através de um sprinkler depende, dentre outros fatores, da característica mecânica do mesmo, representada pelo seu fator de vazão K. Este fator define a capacidade de vazão do sprinkler a partir da pressão da água imposta na rede hidráulica.

Os valores de fator K, relativos à descarga do chuveiro em função de seu diâmetro de orifício, devem obedecer à Tabela 6.

Tabela 6 - Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos. Fonte: ABNT NBR 10897:2007

Fator nominal K		Diâmetro nominal da rosca
L/min/bar ^{1/2}	gpm/psi ^{1/2}	mm
20	1,4	DN 15
27	1,9	DN 15
40	2,8	DN 15
61	4,2	DN 15
80	5,6	DN 15
115	8,0	DN 15 ou DN 20
161	11,2	DN 15 ou DN 20
202	14,0	DN 20
242	16,8	DN 20
282	19,6	DN 25
323	22,4	DN 25
363	25,2	DN 25
403	28,0	DN 25

3.9. Método de Cálculo

No dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos, podem ser utilizados dois métodos de cálculo: “Tabela” ou “Cálculo Hidráulico”. É recomendado, pela ABNT NBR 10897:2007, que todos os novos sistemas utilizem o método de cálculo hidráulico para o dimensionamento da rede, e esse pode ser utilizado para todos os tipos de risco e áreas de cobertura. Diferentemente, o método de cálculo por Tabela possui restrições de aplicação de acordo com a classificação da ocupação e o tamanho de sua área máxima (ABNT NBR 10897:2007). Embora o método de cálculo hidráulico seja recomendado e mais exato, algumas empresas de projeto permanecem adotando o método da Tabela, especialmente para projetos em edifícios residenciais, hotéis, etc. Isso ocorre por variadas razões, como o hábito de profissionais que atuam há décadas no ramo e a facilidade de cálculo quando comparado ao método hidráulico.

A ABNT NBR 10897:2007 recomenda que a demanda mínima de água de um sistema de combate a incêndio projetado por cálculo hidráulico deve ser determinada somando-se a demanda de hidrantes (Tabela 7) com a demanda dos sprinklers, estimada pelas curvas de densidade/área. O sistema de sprinkler é utilizada como um combate inicial, normalmente, complementada por uma rede de hidrantes. Caso os sprinklers não consigam extinguir o fogo, serão utilizados os hidrantes internos e/ou externos.

Tabela 7 - Demanda de hidrantes e duração do abastecimento de água para sistemas projetados por cálculo hidráulico. Fonte: ABNT NBR 10897:2007

Tipo de ocupação	Hidrantes internos L/min	Demanda combinada de hidrantes internos e externos L/min	Duração min
Risco leve	0, 190 ou 380	380	30
Risco ordinário	0, 190 ou 380	950	60 - 90
Risco extra ou extraordinário	0, 190 ou 380	1 900	90 - 120

Um exemplo de hidrante industrial se encontra na figura 24.



Figura 24 – Instalação Completa de Sistema de Hidrantes e Alarme de Incêndio em uma instalação industrial. Fonte: <http://www.protecmontagens.com.br/fobras.html>

Para detalhar o projeto de chuveiros automáticos por cálculo hidráulico proposto na Norma, este trabalho apresenta, no capítulo seguinte, um estudo de caso para ambiente de risco extraordinário – Grupo 1.

Capítulo 4 . ESTUDO DE CASO

O Estudo de Caso aqui desenvolvido visou elaborar o projeto do sistema de chuveiros automáticos para uma “Oficina de Marcenaria e Isolamento”, parte integrante de um Estaleiro Naval em construção. Em um estaleiro há várias oficinas, sendo a de marcenaria e isolamento uma das mais propícias a acidentes com fogo, devido a seus componentes e atividades realizadas nessa.

O número de empregados previstos para trabalhar nesta oficina é de 15 operadores, podendo chegar até 20 em um período de alta produtividade. A oficina possui uma área de aproximadamente 535 m² e um pé direito de 11,20 m.

Para o dimensionamento da rede de chuveiros automáticos, considerou-se a oficina com um ambiente único, pois não há nenhum tipo de isolamento entre os ambientes internos, como barreira corta-fogo, que impeça o alastramento do fogo.

Segundo a Tabela 8, exemplos de classificação de ocupações, a oficina recebe a classificação de “risco extraordinário – Grupo 1”, uma vez que se enquadra no exemplo de serraria, pois contém material combustível particulado oriundo dos processos comuns a esta área.

Tabela 8 - Exemplos de classificação de ocupações. Fonte: ABNT NBR 10897:2007

Classificação	Exemplos
Risco extra ordinário – Grupo 1	Hangares Áreas de uso de fluidos hidráulicos combustíveis Fundições Extrusão de metais Fabricação de compensados e aglomerados Gráficas [que utilizem tintas com ponto de fulgor menor que 100°F (38°C)] Recuperação, formulação, secagem, moagem e vulcanização de borracha Serrarias Processos da indústria têxtil: escolha da matéria-prima, abertura de fardos, elaboração de misturas, batedores, cardagem etc. Estofamento de móveis com espumas plásticas

Nesta oficina, existe um sistema de exaustão, composto por canaletas no chão, para a retirada de poeira combustível do ambiente. Todos os elementos destas canaletas são construídos em PVC / fibra de vidro, e os ventiladores são anti-faíscantes, a prova de explosão.

O ambiente foi classificado conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Classificação dos Ambientes Quanto ao Fogo

Ambiente	Classe de Fogo
Oficina de Marcenaria e Isolamento	A/B/C

Considerando que toda energia elétrica será cortada em caso de acionamento do sistema de emergência, o sistema de sprinklers pode ser instalado na oficina de marcenaria e isolamento, já que este é um ambiente interno onde o fogo pode ser combatido com água.

O sistema de sprinklers visa combater o incêndio antes que este se espalhe, de modo a preservar o patrimônio e a vida das pessoas. Sendo assim, o acionamento dos chuveiros automáticos nessa oficina poderá ser feito pelos seguintes meios:

- Manual remoto, pela sala de controle;
- Manual local, pela botoeira local da abertura da válvula ou pelo acionamento da botoeira de emergência;
- Automático, pela detecção de fumaça e/ou chama.

No sistema de liberação de água automático, os detectores de fumaça e/ou os detectores de chama e/ou botoeiras de emergência enviam o sinal para a sala de controle, que deve imediatamente disparar os alarmes sonoros e visuais locais. Porém a liberação da água (abertura das válvulas deluge – figura 25) só se dará 3 minutos após a detecção (escolha do projetista do sistema). Este atraso visa precaver o uso desnecessário de água em caso de elevação da temperatura pelos processos da própria oficina, ou permitir o combate inicial de um pequeno foco de incêndio com extintores portáteis e/ou de carreta, sem que os equipamentos elétricos sejam danificados. Deste modo, o operador na sala de controle, que deve ser informado pelos operadores da oficina, terá 3 minutos para cancelar a abertura da válvula (impedindo que haja uma liberação da água desnecessária) ou abrindo imediatamente a válvula, caso o fogo comece a se espalhar rapidamente.

A liberação da água se dá pela válvula de dilúvio, que é uma válvula hidráulica reguladora de pressão, tipo abertura rápida, representada na figura 25. Para este sistema,

é prevista uma saída para indicação de “status” do sistema (aberto/fechado), de modo que da sala de controle é possível saber se o sistema de sprinklers em um determinado ambiente está em operação ou não. Os bicos destes sprinklers também serão do tipo elemento termossensível de líquido com bulbo vermelho (68°C), a fim de que haja esguicho de água somente nas áreas onde há incêndio, evitando o dilúvio em toda área protegida pelos sprinklers. O sistema de sprinklers destas áreas poderá ser desligado manualmente na sala de controle pelo acionamento da válvula dilúvio, ou pela válvula gaveta (válvula de bloqueio) localizada na linha de alimentação dos sprinklers.

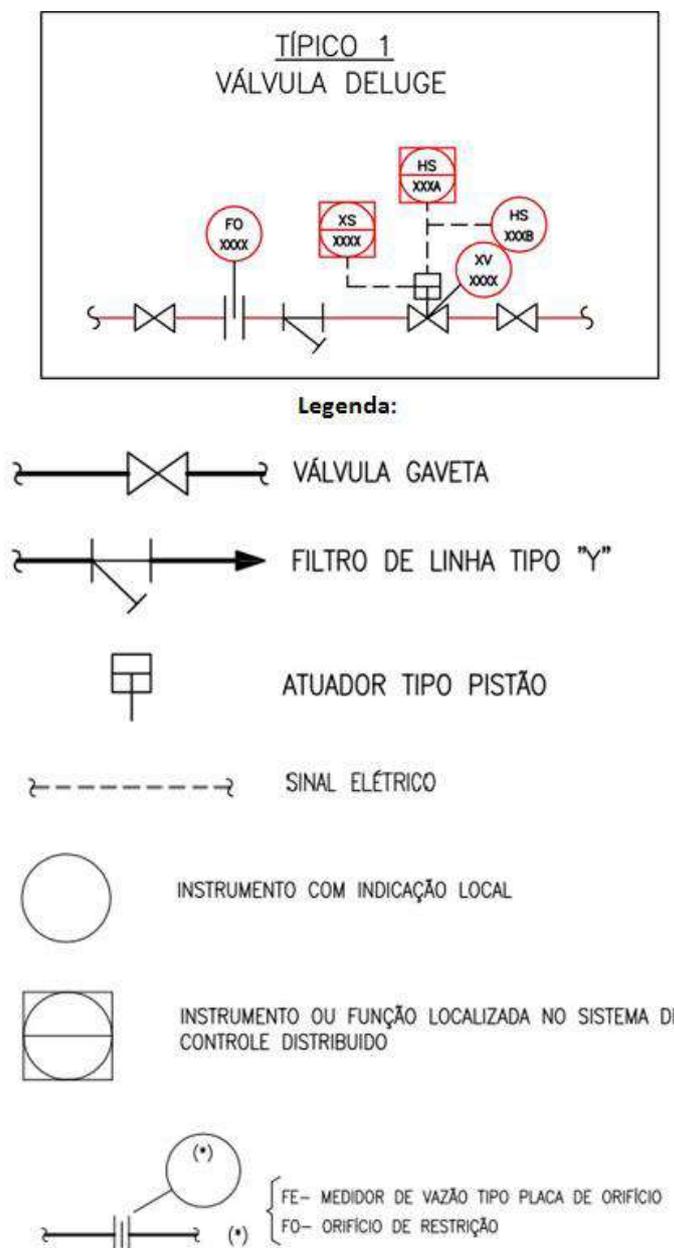


Figura 25 – Típico da Válvula de Dilúvio (Deluge)

O típico de instalação da válvula deluge, figura 25, é constituído por um filtro de linha tipo “Y” (evita a passagem de partículas indesejáveis ao sistema), um FO, orifício de restrição com a finalidade de reduzir a pressão da rede, e uma XV, válvula de dilúvio que libera o fluxo da rede, apresentando XS (indicador de status da válvula – aberta ou fechada – no painel de controle) e HS (botoeiras de acionamento – local e pelo painel de controle). O típico também possui duas válvulas gavetas (válvulas de bloqueio), sendo estas localizadas antes do FO e depois da XV, assim possibilitando o isolamento do sistema para a realização da manutenção desse.

Todo este sistema está ligado ao sistema de energia elétrica de emergência, a fim de garantir a funcionalidade em qualquer ocasião.

De acordo com a norma ABNT NBR 10897:2007, cada sistema de sprinklers deve ser provido de uma conexão de ensaio, figura 26. Essa conexão tem como principal função testar o funcionamento dos alarmes de fluxo de água, sendo composta por uma tubulação de diâmetro nominal mínimo de 25 mm, dotada de válvula-globo (válvula de bloqueio) e de um bocal com orifício utilizado no sistema, obedecendo ainda às condições abaixo:

- O orifício pode ser obtido com um bico de sprinkler, cujo defletor foi removido;
- A localização da conexão deve ser no ponto mais desfavorável hidráulicamente de cada instalação, levando-se em consideração a posição da válvula de alarme ou chave detectora de fluxo d’água principal.
- Em instalações divididas em setores controlados cada um por uma chave detectora de fluxo d’água secundária ou em edificações de múltiplos pavimentos, a conexão de ensaio de cada setor pode ser alocada em qualquer ponto do setor.
- A conexão de ensaio deve ser situada em local de fácil acesso, para que se possa observar o fluxo de água.

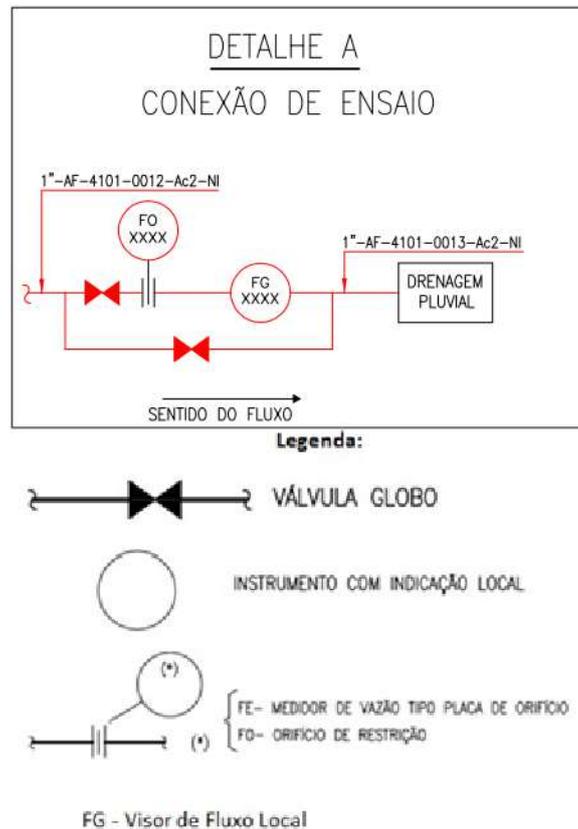


Figura 26 – Conexão de Ensaio

Os sprinklers da oficina de marcenaria e isolamento possuem a especificação abaixo:

- Bulbo vermelho (68°C);
- $K = 80 \text{ (l/min/bar}^{1/2}\text{)}$;
- Bitola: DN ½” (15 mm).

4.1. Dimensionamento da rede fixa de chuveiros automáticos

4.1.1. Premissas

Para o dimensionamento da rede de chuveiros automáticos através de cálculo hidráulico, conforme ABNT NBR 10897:2000, foram utilizadas as premissas a seguir:

a) Dados da Água

Foi considerada uma temperatura de operação da água de 20 °C. Os dados a seguir estão de acordo com *ChemicaLogic SteamTab Companion*, “*Thermodynamic*

and Transport Properties of Water and Steam – Version 2.0 (Based on the IAPWS-95 Formulation); 2003), software de propriedades físico-químicas.

$$\rho \text{ (massa específica)} = 997 \text{ kg/m}^3 @25^\circ\text{C}$$

$$\mu \text{ (viscosidade)} = 0,0009 \text{ Pa}\cdot\text{s} @25^\circ\text{C}$$

Pressão Vapor (PV) = 0,0323 kgf/cm²a = 0,32 mcl(metro de coluna de líquido - água) @25°C

b) Diâmetro das Linhas:

Para a determinação do diâmetro interno das linhas, foi utilizada a norma ASME B36-10M:2004, conforme tabela 10. O diâmetro nominal da tubulação é a medida do centro até a circunferência externa do tubo, considerando a espessura desse. Por sua vez, quando se trata do diâmetro interno da tubulação, não é considerado a espessura do tubo, sendo somente a medida do centro até a circunferência interna.

Schedule define a espessura de parede do tubo de condução, sendo que os valores estabelecidos para cada Schedule (espessura) nos vários diâmetros são tabelados e convencionados nas normas correspondentes.(Tebecherani, 2003)

Tabela 10 - Schedule das Linhas

Diâmetro Nominal	Schedule (Sch)	Diâmetro Interno (mm)
1/2"	80	13,87
3/4"	80	18,85
1"	80	24,31
1 1/2"	80	38,10
2"	40	52,50
3"	40	77,63
4"	40	102,26
6"	40	154,05
12"	0,375	285,75

c) Critérios de Projeto: Velocidade e Pressão

Como recomendação geral no dimensionamento das tubulações, foram adotadas a faixa de velocidade do fluido no centro do tubo de 0,6 a 3,0 m/s e a $\Delta P_{\text{máx}}$, diferencial de pressão máxima, 0,92 kgf/cm²/100m.

d) Material da tubulação

O aço carbono galvanizado é um material mais resistente ao processo corrosivo. Sendo assim, foi escolhido como material da tubulação da oficina, uma vez que quando o sistema não estiver em operação, a tubulação estará cheia de ar.

e) Pressão de descarga (manométrica) da bomba de incêndio para distribuição: $7,0 \text{ kgf/cm}^2\text{g} = 70,0 \text{ mcl}(\text{metro de coluna de líquido} - \text{água})$.

f) De acordo com a ABNT NBR 10897:2007, a pressão mínima (manométrica) nos sprinklers deve ser $0,5 \text{ kgf/cm}^2\text{g} = 5,0 \text{ mcl}(\text{metro de coluna de líquido} - \text{água})$.

g) Alturas:

- Altura do Reservatório e descarga da bomba: 0 m
- Altura Sprinkler da Oficina de Marcenaria e Isolamento: 11,20 m

4.1.2. Metodologia

A seguir é apresentado o procedimento adotado para o cálculo do sistema de sprinklers na Oficina. Conforme mencionado anteriormente, para tal dimensionamento da rede o método utilizado foi o cálculo hidráulico, modelo esquemático representado na figura 27. O outro método de cálculo, por tabela, não se aplica nesse estudo, pois a oficina em questão é uma ocupação de risco extraordinário.

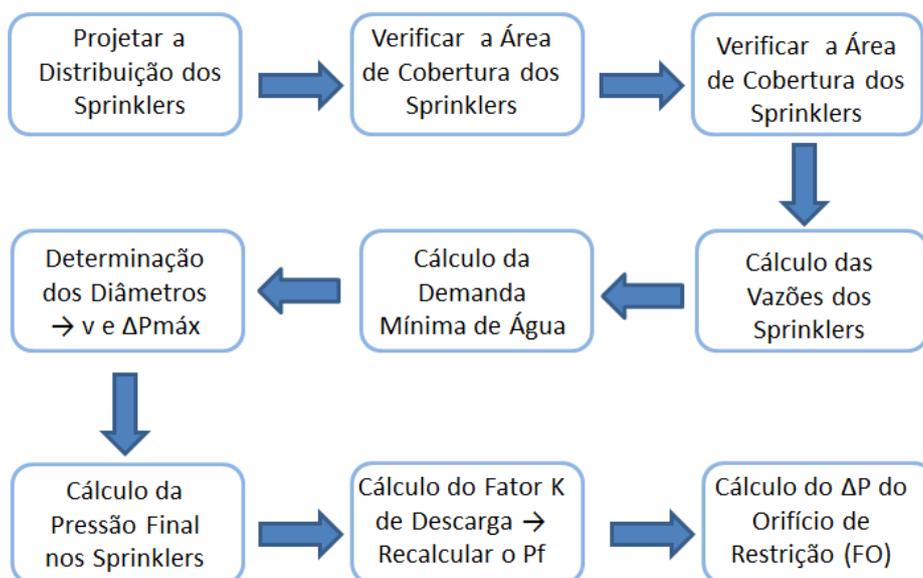


Figura 27 – Esquemático do Método de Cálculo Hidráulico

4.1.2.1 . Distribuição dos Bicos dos Chuveiros Automáticos

A distribuição dos sprinklers se deu de modo a atender as seguintes premissas conforme a ABNT NBR 10897:2007:

- A oficina de marcenaria e isolamento se enquadra no tipo de teto não combustível e não obstruído;
- Nenhum bico deve cobrir uma área maior que a especificada segundo a norma, em função do risco do ambiente: área de cobertura para risco extraordinário – Grupo 1 é de 12,1 m², se densidade < 10,2 mm/min (tabela 11);
- Respeitar as distâncias máximas entre os sprinklers e paredes: 4,6 m entre sprinklers (tabela 11) e 2,3 m entre sprinklers e paredes;
- Respeitar as distâncias mínimas entre os sprinklers e paredes: 1,8 m entre sprinklers e 0,1 m entre sprinkler e paredes;
- A distância do chuveiro e a parede deve ser medida de forma perpendicular à parede;
- Distanciamento uniforme, a fim de garantir a uniformidade na distribuição de água pelo ambiente;
- Encaminhamento da tubulação que não cria caminhos preferenciais do fluxo.

A tabela 11 da ABNT NBR 10897:2007 explicita as áreas de cobertura máxima por sprinkler em pé e pendentes de cobertura padrão, e as distâncias máximas entre eles.

Tabela 11 - Área de cobertura máxima por chuveiros automático e distância máxima entre chuveiros automáticos (chuveiros automáticos em pé e pendentes de cobertura padrão). Fonte: ABNT NBR 10897:2007

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

* Área de cobertura, risco extra: 9,3 m², se densidade ≥ 10,2 mm/min, e 12,1 m², se densidade < 10,2 mm/min.
** Espaçamento máximo: 3,7 m, se densidade ≥ 10,2 mm/min, e 4,6 m, se densidade < 10,2 mm/min.

O tipo de sistema de chuveiros automáticos é do tipo grelha e o posicionamento dos bicos de sprinklers é demonstrado na figura 28. Foi projetado por tentativas, onde o dimensionamento da uma rede deveria ser uniforme e respeitasse as restrições de distribuição segundo a ABNT.

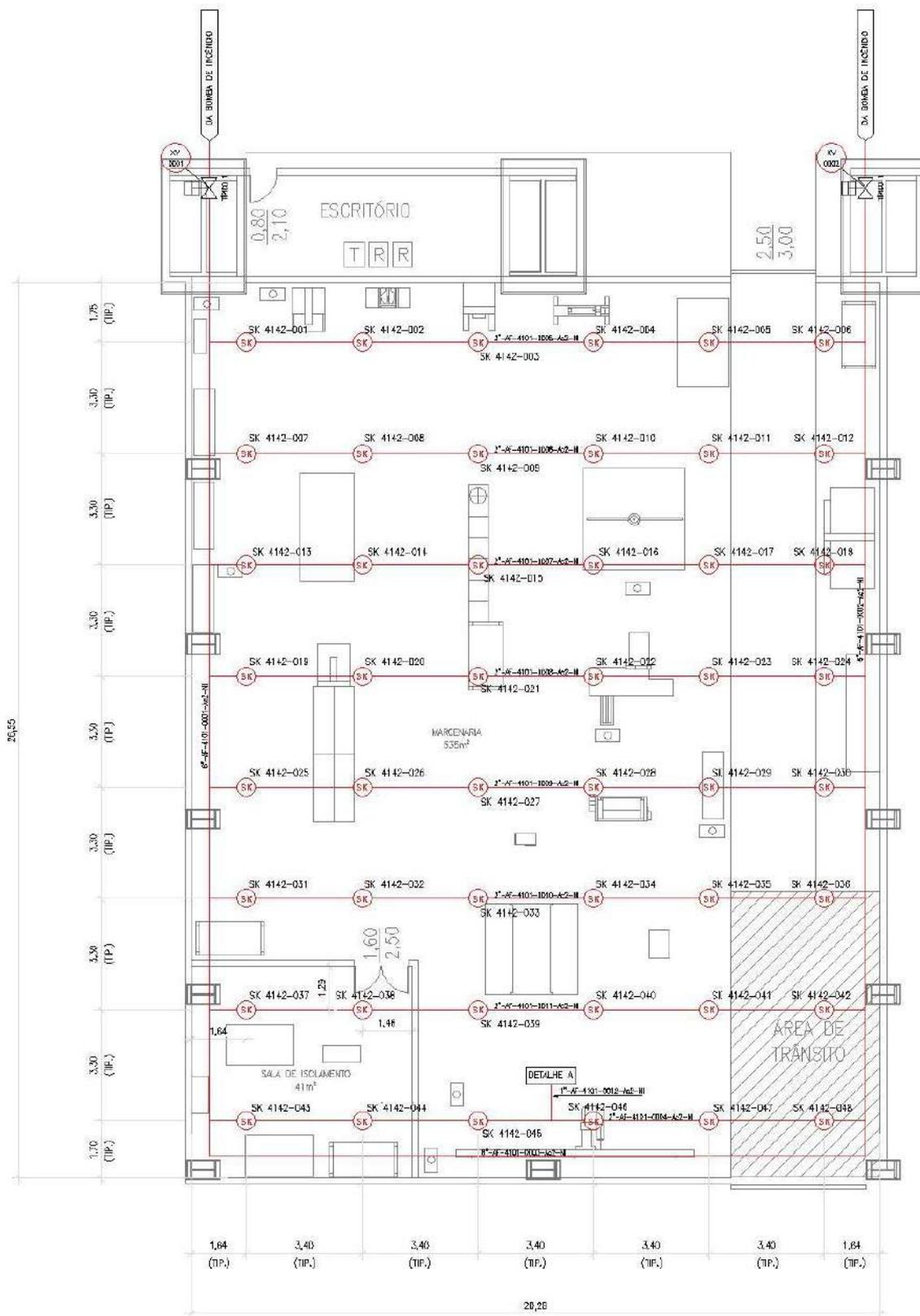


Figura 28 – Distribuição dos Chuveiros Automáticos (SK)

4.1.2.2 Verificação da Área dos Chuveiros Automáticos

A área dos sprinklers for determinada conforme definido por norma, onde os parâmetros são ilustrados na Figura 29.

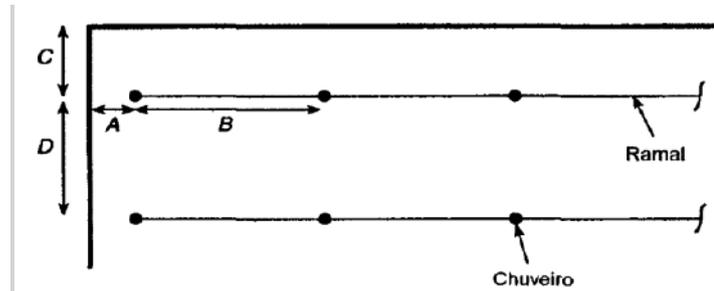


Figura 29 – Apresentação das Distâncias para o Cálculo das Áreas dos Sprinklers. Fonte: ABNT NBR 10897:2007.

Assim, a área de cobertura do sprinkler (A_S) é dada pela equação 1.

$$A_S = S \times L$$

Equação 1

Onde,

$$S \begin{cases} \text{Se } A \times 2 > B, \text{ então } S = A \times 2 \\ \text{Se } A \times 2 < B, \text{ então } S = B \end{cases}$$
$$L \begin{cases} \text{Se } C \times 2 > D, \text{ então } L = C \times 2 \\ \text{Se } C \times 2 < D, \text{ então } L = D \end{cases}$$

Para o caso de estudo em questão, foram considerados os piores casos de distribuição, ou seja, a maior distância entre sprinklers e sprinkler/parede existentes.

Logo,

$$S \rightarrow 1,64 \times 2 = 3,28 < 3,40 \rightarrow S = B = 3,40 \text{ m}$$

$$L \rightarrow 1,75 \times 2 = 3,50 > 3,30 \rightarrow L = C \times 2 = 3,50 \text{ m}$$

$$A_S = 3,40 \times 3,50 \rightarrow A_S = 11,90 \text{ m}$$

Resumidamente, têm-se os valores adotados na tabela 12.

Tabela 12 - Escolha dos Diâmetros para Distribuição de Água para Sprinklers

Ambiente	Risco	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	S (m)	L (m)	A _s (m ²)
Marcenaria	Extra 1	1,64	3,40	1,75	3,30	3,40	3,50	11,90

Pode-se observar que o valor obtido de A_s é adequado de acordo com a Norma, em vista que nenhum bico de sprinkler deve cobrir uma área maior que 12,1 m².

4.1.2.3 Cálculo da Vazão para Proteção do Ambiente

A figura 30 representa as curvas de densidade/área. Este gráfico é usado para calcular a demanda mínima de água.

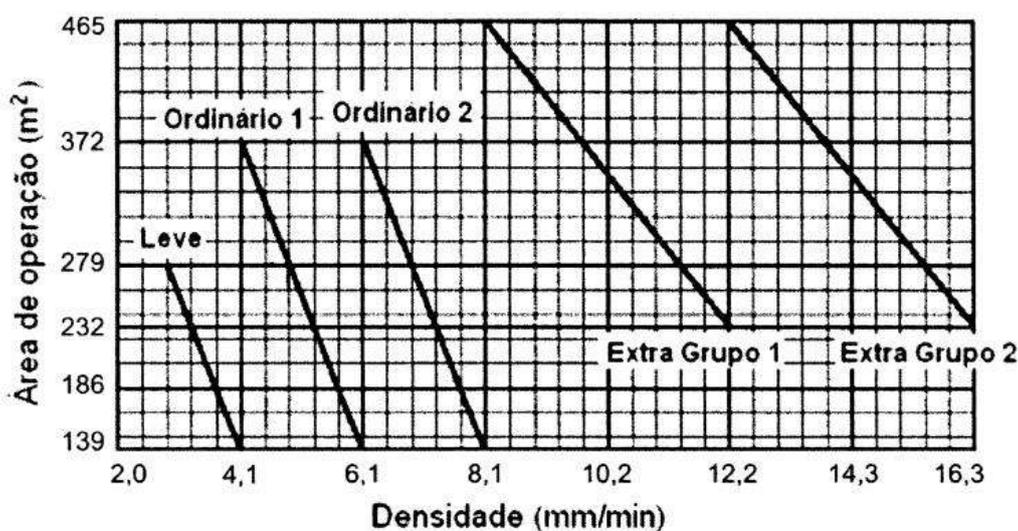


Figura 30 – Curva de densidade/área. Fonte: ABNT NBR 10897:2007.

Primeiramente, calculou-se a vazão para proteção do ambiente, Q, conforme a equação 2.

$$Q = A_o * densidade$$

Equação 2

Onde,

Q = Vazão para proteção do ambiente (m^3/h)

A_o = Área de Operação (m^2)

Densidade = Vazão do sprinkler por m^2 (m/h)

A área de operação (A_o – maior área de demanda hidráulica da sala) foi definida como a área máxima prevista pela norma ABNT, $465,0 \text{ m}^2$, e a densidade como $8,1 \text{ mm}/\text{min}$, densidade de área máxima também prevista pela norma ABNT. Sendo assim, calculou-se Q :

$$Q = 465 * 8,10 * 10^{-3} * 60$$

$$Q \approx 226,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Esses valores foram adotados por considerar que este seria o pior caso para a área de risco extraordinário – Grupo 1, segundo a curva de densidade/área da ABNT NBR 10897:2007, figura 29.

A Tabela 13 resume a vazão requerida da área protegida.

Tabela 13 - Cálculo para Reserva de Água para Sprinklers

Área Protegida	Risco (*)	Área de Operação	Densidade (**)		Vazão	
		A_o (m^2)	(mm/min)	(m/h)	(m^3/min)	(m^3/h)
Marcenaria	Extra 1	465,0	8,1	$486 * 10^{-3}$	3,8	226,0

(*) REF: ABNT NBR 10897:2007 - Anexo A, tabela A.1.

(**) REF: ABNT NBR 10897:2007 - Item 8.5.2.

4.1.2.4 Cálculo da Vazão dos Bicos

Para calcular a vazão dos bicos deve-se conhecer o número de bicos (N_s) que compõem o sistema e a vazão para proteção do ambiente ($Q = 226 \text{ m}^3/\text{h}$), calculado no item anterior.

O cálculo do N_s é dado pela equação 3.

$$N_s = \frac{A_o}{A_s}$$

Equação 3

Onde,

N_s = Número de Sprinklers

A_o = Área de Operação (m^2)

A_s = Área de Cobertura do Sprinkler (m^2)

$$N_s = \frac{465}{11,9} = 39,07 \approx \mathbf{40 \text{ Sprinklers}}$$

O valor de N_s é sempre arredondado para cima, uma vez que não se pode haver chuveiros fracionados. Esse valor obtido é o mínimo aceitável de sprinklers para o combate a incêndio da área de operação. Logo, a rede de distribuição total não pode conter menos bicos do que o valor de N_s . Para a marcenaria em questão, foram utilizados 48 sprinklers (N_{ST}), um número maior do que o necessário, para que, assim, a distribuição de colunas e ramais fosse homogênea na oficina. Porém, somente 40 foram considerados funcionando ao mesmo tempo.

Considerou que os bicos estavam expostos a mesma pressão, uma vez que a pressão no primeiro bico é praticamente igual à do último sprinkler da distribuição, como demonstrado no item 4.1.2.6. deste trabalho. Deste modo, é possível estimar que a vazão de todos os bicos de um mesmo sistema seja igual. A vazão dos sprinklers é dada pela equação 4.

$$Q_s = \frac{Q}{N_s}$$

Equação 4

Onde,

Q_s = Vazão do Sprinkler (m^3/h)

Q = Vazão total do sistema (m^3/h)

N_s = Número de Sprinklers

$$Q_s = \frac{226,0}{40} = 5,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Os valores obtidos, com as devidas conversões, se encontram na tabela 14.

Tabela 14 - Valores para cálculo da vazão dos sprinklers

A_O (m ²)	A_S (m ²)	N_S	N_{ST}	Q (m ³ /h)	Q_S (m ³ /h)	Q_S (L/min)
465,0	11,9	40	48	226,0	5,6	94,16

4.1.2.5. Demanda mínima de água

Segundo a ABNT NBR 10897:2007, a demanda mínima de água de um sistema de sprinklers projetado por cálculo hidráulico deve ser determinada conforme a equação 5.

$$Q_{\text{combate}} = Q_{SK} + Q_{Hid}$$

Equação 5

Onde,

Q_{combate} = Vazão total do combate a incêndio (L/min)

Q_{SK} = Vazão da rede de sprinkler (L/min)

Q_{Hid} = Vazão da rede de hidrantes (L/min)

Sendo a vazão da rede de sprinkler dada pela equação 6.

$$Q_{SK} = Q_S * N_S$$

Equação 6

Onde,

Q_{SK} = Vazão da rede de sprinkler (L/min)

N_S = Número de Sprinklers

$Q_s = \text{Vazão do Sprinkler (L/min)}$

A demanda da rede de hidrantes (internos e externos), para ocupações de risco extraordinário é de 1.900 L/min.

Logo,

$$Q_{SK} = 94,16 * 40 \approx \mathbf{3.766,5 \text{ L/min}}$$

$$Q_{combate} = 3.766,5 + 1.900,0 \approx \mathbf{5.666,5 \text{ L/min}}$$

4.1.2.5 Determinação dos Diâmetros das Linhas

Com os valores apresentados na Tabela 13 e as premissas indicadas no item 4.1.1, calculou-se as velocidades e as perdas de carga nas linhas, para então determinar o diâmetro da tubulação de distribuição de água para os sprinklers.

A velocidade da água nas linhas foi calculada conforme a equação 7.

$$v = \frac{Q}{A}$$

Equação 7

Onde,

v = velocidade do fluido (m/s)

Q = vazão (m³/s)

A = área interna do diâmetro da linha (m²)

Sendo a área interna do diâmetro da linha dado pela equação 8.

$$A = \pi * \left(\frac{d_m}{2} \right)^2$$

Equação 8

Onde,

A = área interna do diâmetro da linha (m^2)

d_m = diâmetro interno real da linha (m)

Exemplificando, calculou-se a velocidade para o header principal de distribuição. Onde,

$Q = 5666,5 \text{ L/min} = 0,09444 \text{ m}^3/\text{s}$

$d_m = 285,75 \text{ mm} = 0,28575 \text{ m}$ (tubulação de 12")

Logo,

$$v = \pi * \frac{0,09444}{(0,28575 / 2)^2} \approx \mathbf{1,47 \text{ m/s}}$$

A perda de carga total nos tubos é a soma da perda de carga em tubos de trecho reto com a perda de carga nos acidentes de tubulações, conforme equação 9:

$$\Delta P = \Delta P_{CA} + \Delta P_t + \Delta P_a$$

Equação 9

Onde,

ΔP = Perda de Carga Total

ΔP_{CA} = Perda de carga por coluna d'água (diferença de altura)

ΔP_t = Perda de Carga por atrito em tubos de trecho reto

ΔP_a = Perda de carga por acidentes tubulação

A perda de carga por coluna d'água é definida pela equação 10.

$$\Delta P_{CA} = \rho * g * \Delta h$$

Equação 10

Onde,

ΔP_{CA} = Perda de carga por coluna d'água (Pa)

ρ (massa específica) = 997 kg/m³

g = aceleração da gravidade = 9,8 m/s²

Δh = Altura da coluna d'água (m)

O cálculo de Δh é representado pela equação 11.

$$\Delta h = h_f - h_o$$

Equação 11

Onde,

Δh = Altura da coluna d'água (m)

h_f = Altura Rede de Sprinkler da Oficina = 11,2 m

h_o = Altura do Reservatório e descarga da bomba = 0 m

Assim, temos,

$$\Delta P_{CA} = 997 * 9,8 * (11,2 - 0)$$

$$\Delta P_{CA} \approx \mathbf{109430,72 \text{ Pa}}$$

Convertendo para kgf/cm²:

$$\Delta P_{CA} = 109430,72 * 1,01972 * 10^{-5}$$

$$\Delta P_{CA} \approx \mathbf{1,1589 \text{ kgf/cm}^2}$$

Esse valor só foi somado aos demais ΔP 's (equação 9) para o dimensionamento da tubulação do header principal, pois a elevação da tubulação se dá por esse trecho e seus ramos permanecem nesta.

A perda de carga em tubos de trecho reto deve ser determinada com base na fórmula de Hazen-Williams, equação 12 e equação 13.

$$J = 605 * Q_m^{1,85} * C^{-1,85} * d_m^{-4,87} * 10^5$$

Equação 12

$$\Delta P_t = J * c$$

Equação 13

Onde,

J = Perda de Carga por atrito por metro (kPa/m)

Q_m = vazão (L/min)

C = fator de Hazen-Williams (=120, para tubos galvanizados)

d_m = diâmetro interna real da linha (mm)

ΔP_t = Perda de Carga por atrito (kPa)

c = comprimento do trecho de tubulação (m)

Logo, para o header principal de distribuição, considerando que o fluido percorre uma tubulação com comprimento de 390 m, tem-se que a perda de carga por atrito é ΔP_t :

$$\Delta P_t = 605 * Q_m^{1,85} * C^{-1,85} * d_m^{-4,87} * 10^5 * 390$$

$$\Delta P_t = 605 * 5666,5^{1,85} * 120^{-1,85} * 285,75^{-4,87} * 10^5 * 390$$

$$\Delta P_t \approx 32,3 \text{ kPa}$$

Convertendo para kgf/cm²:

$$\Delta P_t = 32,3 * 0,0101972 \approx 0,3295 \text{ kgf/cm}^2$$

A perda de carga em acidentes foi calculada conforme a equação 14.

$$\Delta P_a = K_e * \frac{v^2}{2 * g}$$

Equação 14

Onde,

ΔP_a = Perda de carga por acidentes tubulação (mcl(água))

K_e = coeficiente de resistência

v = velocidade (m/s)

g = aceleração da gravidade = 9,8 m/s²

O coeficiente de resistência, K_e , é definido pela equação 15.

$$K_e = f * \sum \frac{L_{eq}}{d_m}$$

Equação 15

Onde,

K_e = Coeficiente de resistência

f = fator de atrito

L_{eq} = Comprimento Equivalente (m)

d_m = Diâmetro Interno da Linha (m)

O fator de atrito é calculado de acordo com o tipo de escoamento do fluido, laminar ou turbulento. O número de Reynolds define o tipo de escoamento. Se o número de Reynolds for menor ou igual a 2.100, o escoamento é laminar, e caso o número de Reynolds seja maior que 2.100, o escoamento é turbulento. O número de Reynolds é definido pela equação 16.

$$\text{Re} = \frac{\rho * v * d_m}{\mu}$$

Equação 16

Onde,

Re = Número de Reynolds

ρ = densidade do fluido (kg/m³)

v = velocidade (m/s)

d_m = diâmetro interna da linha (m)

μ = viscosidade dinâmica (Pa*s)

- Escoamento Laminar: $\text{Re} \leq 2100$, definido pela equação 17.

$$f = \frac{16}{\text{Re}}$$

Equação 17

- Escoamento Turbulento: $\text{Re} > 2100$, definido pela equação 18 (Eq. Churchill).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log_{10} \left[\frac{e}{3,7 * d_m} + \left(\frac{7}{\text{Re}} \right)^{0,9} \right]$$

Equação 18

Onde,

f = fator de atrito

Re = Número de Reynolds

d_m = diâmetro interna da linha (mm)

e = coeficiente de rugosidade (=0,00015 m) – para aço carbono galvanizado

Ainda para a resolução da equação 15, define-se o L_{eq} , comprimento equivalente. De acordo, com Crane, “Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe”, Crane CO; 1988, o comprimento equivalente (L_{eq}) é utilizado para calcular a perda de carga dos acidentes do trecho de tubulação. O L_{eq} equipara a perda de carga em um acidente com um trecho de tubulação reto.

O comprimento equivalente foi calculado de acordo com a tabela 15, onde só foi considerada a perda de carga nas curvas em 90 graus e no “T” ramal (onde o fluxo muda de sentido), pois nos outros acessórios existentes no sistema, a perda de carga foi comparativamente desprezível.

Tabela 15 - L_{eq}/d_m por acessório

Acessório	L_{eq}/d_m
Curva 90 Std	30
Curva 45 Std	16
“T” Ramal	60
"T" Direto	20
Válvula gaveta	13

Exemplificando, calculou-se o ΔP_a para o header principal de distribuição.

Sabe-se que,

$$d_m = 0,28575 \text{ m}$$

$$v \text{ (velocidade)} = 1,47 \text{ m/s}$$

$$\rho = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,0009 \text{ Pa*s}$$

Primeiramente, calculou-se Re para a determinação do tipo de escoamento pela equação 16.

$$Re = \frac{997 * 1,47 * 0,28575}{0,0009}$$

$$Re \approx 471403987 > 2100$$

O escoamento é turbulento, logo, devemos usar a equação 18 para determinar o fator de atrito.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log_{10} \left[\frac{0,00015}{3,7 * 285,75} + \left(\frac{7}{471403987} \right)^{0,9} \right]$$

$$f \approx \mathbf{0,00568}$$

Identificou-se o tipo e a quantidade de acessórios distribuídos no trecho analisado: 7 curvas 90° e 1 “T” ramal, para determinar o K_e , equação 15.

$$K_e = 0,00568 * (7 * 30 + 1 * 60)$$

$$K_e \approx \mathbf{1,53}$$

A tabela 16 resume os resultados obtidos nessa etapa de cálculo.

Tabela 16 – Resultado dos cálculos de acidentes no header principal de distribuição

Acidentes					
Curva 90°	T Ramal	Leq (m)	Ke	Re	f
7	1	0,4382	1,53	471403987,0	0,005679

Com o valor de K_e , calculou-se ΔP_a pela equação 14.

$$\Delta P_a = 1,53 * \frac{1,47^2}{2 * 9,8}$$

$$\Delta P_a \approx \mathbf{0,1697 \text{ mcl(água)}}$$

Convertendo para kgf/cm²:

$$\Delta P_a = 0,1697 * 0,1 \approx 0,0170 \text{ kgf/cm}^2$$

Finalmente, com todas as perdas de carga calculadas, determinou-se a perda de carga total, equação 9.

$$\Delta P = 1,11589 + 0,3295 + 0,0170$$

$$\Delta P \approx 1,4623 \text{ kgf/cm}^2$$

Convertendo para kgf/cm²/100m:

$$\Delta P = \frac{1,4623}{390} * 100$$

$$\Delta P \approx 0,37495 \text{ kgf/cm}^2/100\text{m}$$

Em todas as linhas ou trechos de tubulação foi realizado esse procedimento de cálculo de velocidade e diferencial de pressão, para saber se essas se enquadram nas premissas do projeto. Uma vez dentro da faixa aceitável, o diâmetro da linha se aplica. Os resultados são apresentados na tabela 19.

4.1.2.6 Cálculo da Pressão nos Bicos

As linhas foram divididas em trechos, quando houve uma alteração do diâmetro da tubulação e/ou quando houve uma variação de vazão (sprinkler funcionando), denominou-se o fim de um trecho e o início de outro. A escolha dos trechos visou dimensionar os casos de distribuição de água dos chuveiros automáticos.

Como são dois header principais, a vazão de água foi dividida igualmente entre eles, ou seja, como 40 sprinklers (N_s) podem funcionar simultaneamente, cada header alimentou 20 sprinklers. A tabela 17 apresenta detalhadamente a origem e destino dos trechos escolhidos. A figura 31 representa os trechos de tubulações considerados, linhas azuis, tendo em vista os mais favoráveis e os mais desfavorecidos hidráulicamente, SK 4142-007/012 e SK 4142-045/046, respectivamente.

Tabela 17 – Descrição dos trechos de tubulação considerados

Trecho		
Nº	Origem	Destino
Para SK 4142-007		
1	Bombas de Incêndio	saída para 4101-0001
2	saída para 4101-0001	saída para os SK 4142-007/008
3	saída para os SK 4142-007/008	SK 4142-007
Para SK 4142-012		
4	Bombas de Incêndio	saída para 4101-0002
5	saída para 4101-0002	saída para os SK 4142-012/011
6	saída para os SK 4142-012/011	SK 4142-012
Para SK 4142-045		
1	Bombas de Incêndio	saída para 4101-0001
2	saída para 4101-0001	saída para os SK 4142-007/008
7	saída para os SK 4142-007/008	SK 4142-013
8	SK 4142-013	SK 4142-019
9	SK 4142-019	SK 4142-025
10	SK 4142-025	SK 4142-031
11	SK 4142-031	SK 4142-037
12	SK 4142-037	saída para o SK 4142-043/044/045
13	saída para o SK 4142-043/044/045	SK 4142-043
14	SK 4142-043	SK 4142-044
15	SK 4142-044	SK 4142-045
Para SK 4142-046		
4	Bombas de Incêndio	saída para 4101-0001
5	saída para 4101-0001	saída para os SK 4142-012/011
16	saída para os SK 4142-012/011	SK 4142-018
17	SK 4142-018	SK 4142-024
18	SK 4142-024	SK 4142-030
19	SK 4142-030	SK 4142-036
20	SK 4142-036	SK 4142-042
21	SK 4142-042	saída para os SK 4142-048/047/046
22	saída para os SK 4142-048/047/046	SK 4142-048
23	SK 4142-048	SK 4142-047
24	SK 4142-047	SK 4142-046

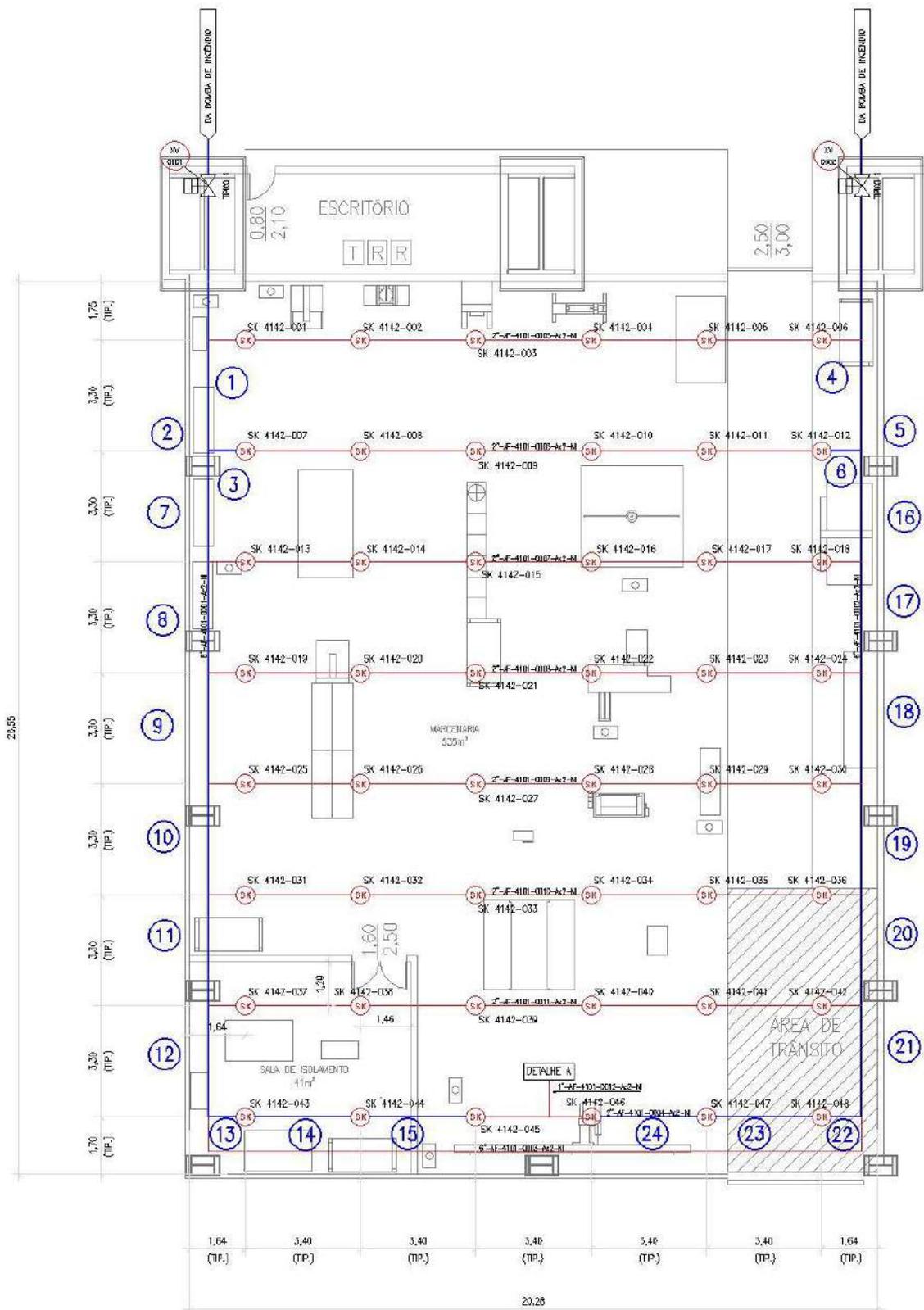


Figura 31 – Representação dos trechos de tubulação considerados

Com as vazões, diâmetro, perda de carga e trajeto das linhas determinados, foi calculada a pressão final nos bicos. Foram avaliadas as pressões dos bicos mais favoráveis hidraulicamente e dos bicos mais desfavoráveis, dentro de um mesmo sistema. Se a diferença de pressão entre elas fosse maior do que 5%, os diâmetros dos ramais deveriam ser reavaliados, de modo a balancear o sistema e garantir a uniformidade da pressão nos bicos.

O cálculo da pressão final de cada trecho de linha considerado, pois a pressão final deste trecho é a pressão inicial do trecho seguinte. Sendo assim, a pressão final (manométrica) é calculada de acordo com a equação 19.

$$P_f = P_i - \Delta P$$

Equação 19

Onde,

P_f = Pressão Final (kgf/cm²g)

P_i = Pressão Inicial (kgf/cm²g)

ΔP = Perda de Carga Total (kgf/cm²)

Desse modo, o cálculo da pressão final do header de distribuição foi:

$$P_f = 7,00 - 1,4623$$

$$P_f \approx 5,54 \text{ kgf/cm}^2\text{g}$$

A Tabela 18 resume o cenário considerado, a vazão de dimensionamento, o diâmetro e os parâmetros analisados para o header principal.

Tabela 18 - Escolha dos Diâmetros para Distribuição de Água para Sprinklers

Área	Vazão (l/min)	Diâmetro Mínimo	Velocidade (m/s)	ΔP (kgf/cm ² /100m)	P_f (kgf/cm ² g)
Marcenaria (linha de alimentação)	5.666,5	12"	1,47	0,375	5,54

A mesma metodologia foi adotada para o cálculo da pressão final nos SK 4142-007/012 e SK 4142-045/046, os resultados estão representados na tabela 19.

Tabela 19 - Resultados para Rede de Chuveiros Automáticos

Trecho N°	Pressão Inicial (kgf/cm²g)	DN	Sch	Diâmetro Interno (mm)	Comprimento (m)	Vazão (l/min)	Velocidade (m/s)	Acidentes						ΔPt kgf/cm²	ΔPa kgf/cm²	ΔH (m)	ΔP			Pressão Final kgf/cm²g
								Curva 90	T Ramal	Leq (m)	Ke	Re	f				kgf/cm²	kgf/cm²	kgf/cm²	
Para SK 4142-007																				
1	7,00	12	0,375	285,75	390	5666,5	1,47	7	1	77,1525	1,53	471403987,0	0,005679	0,3295	0,0170	11,2	1,11589	1,4623	0,37495	5,54
2	5,54	6	40	154,05	25	1883,3	1,68		1	9,2431	0,37	290608520,1	0,006112	0,0558	0,0053	0,0	-	0,0611	0,24428	5,48
3	5,48	2	40	52,50	3,4	188,3	1,45		1	3,1501	0,43	85270472,9	0,007124	0,0203	0,0046	0,0	-	0,0248	0,73061	5,45
Para SK 4142-012																				
4	7,00	12	0,375	285,75	400	5666,5	1,47	7	1	77,1525	1,53	471403987,0	0,005679	0,3379	0,0170	11,2	1,11589	1,4708	0,36769	5,53
5	5,53	6	40	154,05	30	1883,3	1,68		1	9,2431	0,37	290608520,1	0,006112	0,0669	0,0053	0,0	-	0,0722	0,24074	5,46
6	5,46	2	40	52,50	3,4	188,3	1,45		1	3,1501	0,43	85270472,9	0,007124	0,0203	0,0046	0,0	-	0,0248	0,73061	5,43
Para SK 4142-045																				
1	7,00	12	0,375	285,75	390	5666,5	1,47	7	1	77,1525	1,53	471403987,0	0,005679	0,3295	0,0170	11,2	1,11589	1,4623	0,37495	5,54
2	5,54	6	40	154,05	25	1883,3	1,68			0,0000	0,00	290608520,1	0,006112	0,0558	0,0000	0,0	-	0,0558	0,22305	5,48
7	5,48	6	40	154,05	3,3	1694,9	1,52			0,0000	0,00	261547668,1	0,00614	0,0061	0,0000	0,0	-	0,0061	0,18355	5,48
8	5,48	6	40	154,05	3,3	1412,4	1,26			0,0000	0,00	217956390,0	0,006194	0,0043	0,0000	0,0	-	0,0043	0,13100	5,47
9	5,47	6	40	154,05	3,3	1130,0	1,01			0,0000	0,00	174365112,0	0,006268	0,0029	0,0000	0,0	-	0,0029	0,08669	5,47
10	5,47	6	40	154,05	3,3	847,5	0,76			0,0000	0,00	130773834,0	0,006378	0,0017	0,0000	0,0	-	0,0017	0,05092	5,47
11	5,47	6	40	154,05	3,3	565,0	0,51	1		4,6215	0,20	87182556,0	0,006565	0,0008	0,0003	0,0	-	0,0011	0,03182	5,47
12	5,47	6	40	154,05	3,3	282,5	0,25			0,0000	0,00	43591278,0	0,006975	0,0002	0,0000	0,0	-	0,0002	0,00667	5,47
13	5,47	2	40	52,50	1,0	282,5	2,17		1	3,1501	0,42	127905709,3	0,007007	0,0126	0,0101	0,0	-	0,0228	2,27586	5,44
14	5,44	2	40	52,50	3,4	188,3	1,45		1	3,1501	0,43	85270472,9	0,007124	0,0203	0,0046	0,0	-	0,0248	0,73061	5,42
15	5,42	2	40	52,50	3,4	94,2	0,72		1	3,1501	0,44	42635236,4	0,007411	0,0056	0,0012	0,0	-	0,0068	0,20033	5,41
Para SK 4142-046																				
4	7,00	12	0,375	285,75	400	5666,5	1,47	7	1	77,1525	1,53	471403987,0	0,005679	0,3379	0,0170	11,2	1,11589	1,4708	0,36769	5,53
5	5,53	6	40	154,05	30	1883,3	1,68			0,0000	0,00	290608520,1	0,006112	0,0669	0,0000	0,0	-	0,0669	0,22305	5,46
16	5,46	6	40	154,05	3,3	1694,9	1,52			0,0000	0,00	261547668,1	0,00614	0,0061	0,0000	0,0	-	0,0061	0,18355	5,46
17	5,46	6	40	154,05	3,3	1412,4	1,26			0,0000	0,00	217956390,0	0,006194	0,0043	0,0000	0,0	-	0,0043	0,13100	5,45
18	5,45	6	40	154,05	3,3	1130,0	1,01			0,0000	0,00	174365112,0	0,006268	0,0029	0,0000	0,0	-	0,0029	0,08669	5,45
19	5,45	6	40	154,05	3,3	847,5	0,76			0,0000	0,00	130773834,0	0,006378	0,0017	0,0000	0,0	-	0,0017	0,05092	5,45
20	5,45	6	40	154,05	3,3	565,0	0,51	1		4,6215	0,20	87182556,0	0,006565	0,0008	0,0003	0,0	-	0,0011	0,03182	5,45
21	5,45	6	40	154,05	3,3	282,5	0,25			0,0000	0,00	43591278,0	0,006975	0,0002	0,0000	0,0	-	0,0002	0,00667	5,45
22	5,45	2	40	52,50	1,0	282,5	2,17		1	3,1501	0,42	127905709,3	0,007007	0,0126	0,0101	0,0	-	0,0228	2,27586	5,42
23	5,42	2	40	52,50	3,4	188,3	1,45		1	3,1501	0,43	85270472,9	0,007124	0,0284	0,0046	0,0	-	0,0330	0,96961	5,39
24	5,39	2	40	52,50	3,4	94,2	0,72		1	3,1501	0,44	42635236,4	0,007411	0,0079	0,0012	0,0	-	0,0091	0,26662	5,38

4.1.2.7 Cálculo do Fator K de Descargas

De acordo com a ABNT NBR 10897:2007, o fator K de descarga é determinado pela Equação 20.

$$K = \frac{Q_s}{\sqrt{P_s}}$$

Equação 20

Onde,

K = fator K

Q_s = Vazão do Sprinkler (L/min)

P_s = Pressão do Sprinkler (kgf/cm²g)

O chuveiro comercial comprado do fornecedor para esta oficina possui um fator K igual a 80. Sendo assim, para que o valor do fator K se adequasse ao comprado, foi necessário alterar o valor da pressão final do sprinkler mantendo o valor da vazão do sprinkler constante, com o auxílio de um orifício de restrição (placa de orifício do típico da válvula deluge, figura 25).

Os valores obtidos encontram-se na tabela 20.

Tabela 20 - Valores para o Cálculo de K

Área	K	Q_s (L/min)	P_s (kgf/cm ²)
Oficina de Marcenaria e Isolamento	80	94,16	1,39

4.1.2.8 Cálculo do ΔP do Orifício de Restrição

Observa-se que, como a rede que alimenta o sprinkler é a mesma que alimenta os hidrantes internos e externos, na linha de alimentação de cada malha de sprinklers, foi incluída uma placa de orifício com a finalidade de reduzir a pressão, e, assim,

garantir que a pressão no bico dos sprinklers fosse adequada para a operação, como explicitado no item anterior. Não foi utilizado nenhum tipo de dispositivo para o balanceamento dos ramais dentro de um sistema.

Calculou-se o ΔP dos orifícios de restrição pela diferença entre a menor pressão encontrada nos chuveiros automáticos e a pressão final que o sprinkler deve ter para atingir um fator K igual a 80, equação 21. Isso só é possível ser feito, porque foi considerado que a rede mantém a mesma pressão em todos os pontos.

$$\Delta P_{FO} = P_{menor} - P_S$$

Equação 21

Onde,

ΔP_{FO} = diferencial de pressão do orifício de restrição (kgf/cm²)

P_{menor} = Menor Pressão do Sistema (kgf/cm²g)

P_S = Pressão do Sprinkler (kgf/cm²g)

Como a menor pressão do sistema é 5,38 kgf/cm²g e a pressão do sprinkler é igual a 1,39, calculou-se o diferencial de pressão do orifício de restrição:

$$\Delta P_{FO} = 5,38 - 1,39$$

$$\Delta P_{FO} \approx 4,00 \text{ kgf/cm}^2$$

Capítulo 5 – CONCLUSÃO

Chuveiros automáticos são elementos altamente confiáveis e eficazes para o combate inicial ao fogo, desde que corretamente projetados. Tendo isso em vista, este estudo buscou detalhar o dimensionamento de um sistema de chuveiros automáticos, consolidando os conceitos da teoria do fogo e as requisições das normas internacionais e nacionais.

O estudo de caso foi uma área de risco extraordinário – grupo 1, a oficina de marcenaria e isolamento de um estaleiro naval em construção, e através do método de mecânica dos fluidos, foi possível obter o sistema. Na tabela 21 estão representados os principais resultados desse trabalho.

Tabela 21 – Resultados Obtidos

Risco	A_s (m ²)	A_o (m ²)	Nº. Sprinklers da A_o (N_s)	Vazão Total (L/min)	Vazão por Sprinkler (L/min)	P_s (kgf/cm ² g)	K	ΔP Orifício de Restrição (kgf/cm ²)
Extra 1	11,90	465,0	40	5666,5	94,16	1,39	80,0	4,00

O modelo de sprinkler foi escolhido conforme especificado no item 4 deste trabalho. Os fornecedores consultados foram: Kidde, Mat Incêndio e *TYCO Fire Product/USA*.

É importante ressaltar que o sistema de chuveiros automáticos faz parte de uma rede de incêndio, onde há o dimensionamento de uma rede de hidrantes, posicionamento de sistemas de alarmes e detectores de fogo e /ou chama, por exemplo. Além disso, tem-se o sistema de controle automatizado da rede de incêndio, seja este na própria planta ou conectado diretamente com o corpo de bombeiros mais próximo. E infelizmente, somente com um incidente de fogo que saberemos a eficiência do sistema de combate, uma vez que há prejuízos enormes e, às vezes, irrecuperáveis.

BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13860:1997. Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10897:2007. Sistema de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 6125:1992 e NBR 6135:1992. Chuveiros automáticos para extinção de incêndio. Rio de Janeiro, 1992.

BS 4422: Part 1 - British Standard Institution. Terms associated with fire Part 1. General terms and phenomena of fire.

Bryan, J.L. Automatic Sprinkler & Standpipe Systems. National Fire Protection Association, U.S.A., 1976.

Caruso, Sergio Melo. Combate a incêndio. Apostila. Petrobras, Rio de Janeiro, 2003.

CBMERJ. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. Apostila do CONCURSO/2008 – Prevenção e Combate a Incêndio, 2008.

ChemicaLogic SteamTab Companion, Thermodynamic and Transport Properties of Water and Steam – Version 2.0 (Based on the IAPWS-95 Formulation), 2003.

CPN - Comissão Tripartite Permanente de Negociação do Setor Elétrico no Estado de São Paulo. Módulo 2 - Segurança no trabalho em eletricidade. Manual de treinamento curso básico segurança em instalações e serviços com eletricidade - NR 10, 2005.

Del Carlo, Ualfrido. A segurança contra incêndio no mundo. Livro. A Segurança contra incêndio no Brasil, 2008.

Duarte, Rogério Bernardes. Ribeiro, Ivanovitch Simões. Investigação de incêndio. Livro. A Segurança contra incêndio no Brasil, 2008.

Ferrari, Benécio Júnior. Curso de Formação de Bombeiro Profissional Civil – Módulo Prevenção e Combate a Incêndio. Centro de Ensino e Instrução de Bombeiros – Seção de Cursos de Extensão, 2009.

Gill, Alfonso Antonio; Negrisoló, Walter; Oliveira, Sergio Agassi de. Aprendendo com os grandes incêndios. Livro. A Segurança contra incêndio no Brasil, 2008.

Gonçalves, O.M.; Feitosa, E.P. Sistemas de chuveiros automáticos. Boletim Técnico TT/PCC/19. São Paulo, 1998.

Hall, John R. Jr. - U.S. EXPERIENCE WITH SPRINKLERS. NFPA - Fire Analysis and Research Division. Março, 2012.

<http://www.diomedia.com/public/?jsessionid=080FEF2478AF7EB71044A51598C084F7.worker1en/5540349/imageDetails.html>, acessado 25/08/2013.

ISO 8421 Part 1. General terms and phenomena of fire. Genève

NFPA – National Fire Protection Association - NFPA 101A. Alternative approaches to life safety. 2003.

Oliveira, Lúcia Helena de; Gonçalves, Orestes M.; Guimarães, Áderson Pereira. 2008. Sistemas de combate a incêndio com água. Livro. Segurança contra incêndio no Brasil, 2008.

Pereira, Áderson Guimarães; Araújo Jr. Carlos Fernando de. Sistema de Chuveiros Automáticos. Revista Científica Aprender. 4ª edição, 05/2011.

Roter, Jonas. Artigo técnico ABNT, http://www.abnt.org.br/m3.asp?cod_pagina=1185, Acessado em 09/07/2013.

Seito, Alexandre Itiu. Fundamentos do fogo e incêndio. Livro. A Segurança contra incêndio no Brasil, 2008.

Silva, Valdir Pignatta e; Pinto, Edna Moura; Pannoni, Fabio Domingos; da Silva, Adilson Antônio. Segurança das Estruturas e situação de incêndio. . Livro. A Segurança contra incêndio no Brasil, 2008.

Solomon, R. E. Automatic sprinkler systems handbook, 6th Ed., National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, Mass, 1992.

Tebecherani, Ciro de Toledo Piza. DETROIT – Circular informativa Eng. de Aplicação. Número 17. Setembro, 2003.

ANEXO A: TABELAS DE CLASSIFICAÇÃO DE OCUPAÇÕES

A.1 A classificação deste Anexo inclui ocupações que têm uso e condições similares às indicadas na Tabela A.1.

Tabela A.1 — Exemplos de classificação de ocupações

Classificação	Exemplos
Risco leve	Igrejas Clubes Escolas públicas e privadas (1º, 2º e 3º graus) Hospitais com ambulatórios, cirurgia e centros de saúde Hotéis Bibliotecas e salas de leituras, exceto salas com prateleiras altas Museus Asilos e casas de repouso Prédios de escritórios, incluindo processamento de dados Áreas de refeição em restaurantes, exceto áreas de serviço Teatros e auditórios, exceto palcos e proscênios Prédios da administração pública
Risco ordinário - Grupo 1	Estacionamentos de veículos e <i>showrooms</i> Padarias Fabricação de bebidas (refrigerantes, sucos) Fábricas de conservas Processamento e fabricação de produtos lácteos Fábricas de produtos eletrônicos Fabricação de vidro e produtos de vidro Lavanderias Áreas de serviço de restaurantes
Risco ordinário – Grupo 2	Moinhos de grãos Fábricas de produtos químicos – comuns Confeitarias Destilarias Instalações para lavagem a seco Fábricas de ração animal Estábulos Fabricação de produtos de couro Bibliotecas – áreas de prateleiras altas Áreas de usinagem Indústria metalúrgica Lojas Fábricas de papel e celulose Processamento de papel Pieres e embarcadouros Correios Gráficas Oficinas mecânicas Áreas de aplicação de resinas Palcos Indústrias têxteis Fabricação de pneus Fabricação de produtos de tabaco Processamento de madeira Montagem de produtos de madeira

Tabela A.1 (continuação)

Classificação	Exemplos
Risco extra ordinário – Grupo 1	Hangares Áreas de uso de fluidos hidráulicos combustíveis Fundições Extrusão de metais Fabricação de compensados e aglomerados Gráficas [que utilizem tintas com ponto de fulgor menor que 100°F (38°C)] Recuperação, formulação, secagem, moagem e vulcanização de borracha Serrarias Processos da indústria têxtil: escolha da matéria-prima, abertura de fardos, elaboração de misturas, batedores, cardagem etc. Estofamento de móveis com espumas plásticas
Risco extra ordinário – Grupo 2	Saturação com asfalto Aplicação de líquidos inflamáveis por <i>spray</i> Pintura por <i>flow coating</i> Manufatura de casas pré-fabricadas ou componentes pré-fabricados para construção (quando a estrutura final estiver presente e tiver interiores combustíveis) Tratamento térmico em tanques de óleo abertos Processamento de plásticos Limpeza com solventes Pintura e envernizamento por imersão

A.2 Na Tabela A.2 são relacionadas algumas Normas Internacionais de proteção contra incêndios em riscos especiais.

Tabela A.2 — Ocupações de risco especial
Exemplos de normas

Norma	Denominação	Equipamentos/locais protegidos
NFPA 30	<i>Flammable and combustible liquids code</i> (Código para produção, processo, manuseio e depósitos de líquidos combustíveis e inflamáveis)	<ul style="list-style-type: none"> • Salas de bombas • Áreas de carregamento • Áreas de processo • Prateleiras • Armazéns • Áreas paletizadas • Tanques
NFPA 30 B	<i>Code for the manufacture and storage of aerosol products</i> (Código para produção, processo, manuseio e depósitos de produtos combustíveis/ inflamáveis em forma de aerossóis)	<ul style="list-style-type: none"> • Salas de bombas e carregamento • Misturadores • Cabines de pintura/estufas/exaustão • Tanques • Prateleiras • Áreas paletizadas • Armazéns
NFPA 36	<i>Solvent extraction plants</i> (Fabrica de extração de óleo vegetal com solventes)	<ul style="list-style-type: none"> • Preparação • Equipamentos e estrutura do processo de extração
NFPA 40	<i>Storage and handling of cellulose nitrate film</i> (Código para processo, manuseio e depósitos de filmes de nitrato de celulose)	<ul style="list-style-type: none"> • Armazéns • Áreas de manuseio • Armários • Impressoras • Laboratórios

Tabela A.2 (continuação)

Norma	Denominação	Equipamentos/locais protegidos
NFPA 45	<i>Fire protection for laboratories using chemicals</i> (Proteção contra incêndios em laboratórios de manuseio de produtos químicos)	<ul style="list-style-type: none"> • Prédios • Laboratório • Armazéns • Áreas de manipulação
NFPA 75	<i>Protection of information technology equipment</i> (Proteção contra incêndios em equipamentos de processamento de tecnologia da informação)	<ul style="list-style-type: none"> • Salas de computadores
NFPA 82	<i>Incinerators and waste and linen handling systems and equipment</i> (Proteção contra incêndios em equipamentos e sistema de manuseio de incineradores de lixo)	<ul style="list-style-type: none"> • Calhas/dutos metálicos de alimentação • Salas de descarga de calhas/dutos • Armazéns • Compactadores
NFPA 45	<i>Fire protection for laboratories using chemicals</i> (Proteção contra incêndios em laboratórios de manuseio de produtos químicos)	<ul style="list-style-type: none"> • Prédios • Laboratório • Armazéns • Áreas de manipulação
NFPA 75	<i>Protection of information technology equipment</i> (Proteção contra incêndios em equipamentos de processamento de tecnologia da informação)	<ul style="list-style-type: none"> • Salas de computadores
NFPA 82	<i>Incinerators and waste and linen handling systems and equipment</i> (Proteção contra incêndios em equipamentos e sistema de manuseio de incineradores de lixo)	<ul style="list-style-type: none"> • Calhas/dutos metálicos de alimentação • Salas de descarga de calhas/dutos • Armazéns • Compactadores
NFPA 96	<i>Ventilation control and fire protection of commercial cooking operations</i> (Controle da ventilação e proteção contra incêndios em operações de preparação de refeições em escala comercial)	<ul style="list-style-type: none"> • Dutos de exaustão
NFPA 214	<i>Water-cooling towers</i> (Proteção contra incêndios em torres de resfriamento)	<ul style="list-style-type: none"> • Torres de resfriamento • Motores
NFPA 232	<i>Protection of records</i> (Proteção contra incêndios em arquivos eletrônicos)	<ul style="list-style-type: none"> • Salas de arquivos
NFPA 409	<i>Aircraft hangars</i> (Proteção contra incêndios em hangares de fabricação e manutenção de aviões)	<ul style="list-style-type: none"> • Armazéns • Áreas serviço/manutenção • Mezaninos • Escritórios
NFPA 415	<i>Standard on airport terminal buildings, fueling ramp drainage, and loading walkways</i> (Terminais de aeroportos, drenagem de rampas de abastecimento e passarelas de embarque)	<ul style="list-style-type: none"> • Terminais de aeroportos, drenagem de rampas de abastecimento e passarelas de embarque
NFPA 484	<i>Combustible metals</i> (Metais combustíveis)	<ul style="list-style-type: none"> • Armazéns • Oficinas