



CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS – UNICHRISTUS

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JONH LUCAS TORRES ALBUQUERQUE

**AVALIAÇÃO TECNO-ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DA MALHA DE HARDY
CROSS NO DIMENSIONAMENTO DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS**

FORTALEZA

2020

JONH LUCAS TORRES ALBUQUERQUE

AVALIAÇÃO TECNO-ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DA MALHA DE HARDY
CROSS NO DIMENSIONAMENTO DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.
Área de concentração: Sistemas Construtivos e Materiais.

Orientador: Prof. Me. Kalil Nobrega Hissa Sampaio.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do Centro
Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A345a Albuquerque, Jonh Lucas Torres.
AVALIAÇÃO TECNO-ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DA
MALHA DE HARDY CROSS NO DIMENSIONAMENTO DE
CHUVEIROS AUTOMÁTICOS / Jonh Lucas Torres Albuquerque. -
2020.
54 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Kalil Nobrega Hissa Sampaio.

1. Projeto. 2. Incêndio. 3. Chuveiros Automáticos. 4. Cálculo
hidráulico. 5. Hardy Cross.. I. Título.

CDD 624

JONH LUCAS TORRES ALBUQUERQUE

AVALIAÇÃO TECNO-ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DA MALHA DE HARDY
CROSS NO DIMENSIONAMENTO DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Kalil Nobrega Hissa Sampaio.

Aprovada em: 10/06/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Kalil Nobrega Hissa Sampaio
Centro Universitário Christus

Prof. Me. Paula Nobre de Andrade
Centro Universitário Christus

Prof. Me. José Willington Gondim Oliveira
Centro Universitário Christus

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me conceder a graça da vida e de cursar Engenharia Civil, me ensinando a fazer tudo com amor e gratidão, sinto prazer e orgulho.

A todas as pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram para a construção dos meus valores: meus pais, familiares e amigos.

Aos Professores da banca examinadora, que dispuseram de tempo para fazer as contribuições para melhorias do trabalho de monografia, principalmente, na qualificação.

A todos os Professores do curso de Engenharia Civil da UniChristus, por toda orientação acadêmicas, apoio, incentivo durante o meu período de graduação e por se dedicarem a passar seus conhecimentos para formação de novos profissionais.

Aos profissionais da área e todos os que compartilharam um pouco do que sabem comigo e com os meus amigos, nesta vida acadêmica.

RESUMO

A proteção de combate a incêndio predial é uma preocupação da Engenharia Civil na história, após as várias tragédias que aconteceram envolvendo as edificações. O equipamento automático mais eficiente de controle de incêndios é o chuveiro automático, que funciona liberando uma descarga de água no local sob a ação do calor. Esse sistema automático de extinção de incêndio por água, tem por objetivo manter uma vigilância permanente do espaço que se quer proteger. Assim, um correto dimensionamento de sistemas de segurança contra incêndio, usando os chuveiros automáticos, tem influência direta nos projetos. Cabe ao projetista, baseado na norma, especificar as melhores alternativas para cada situação e verificar quais equipamentos podem ser empregados. Existe o método normativo (tabela) e o método de cálculo hidráulico, que dimensionam todo o projeto. Esse trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação do método de Hardy Cross no dimensionamento da rede hidráulica de Chuveiros Automáticos Contra Incêndio, com base no que é definido na NBR 10897 (ABNT, 2014). Além de quantificar os materiais utilizados, desenvolver e analisar o dimensionamento da rede hidráulica com o método de Hardy Cross. E, por fim, apresentar a variação dos custos usando os dois cálculos. Para tanto, realizou-se um estudo de caso, que visa a geração de conhecimentos para aplicação prática e específica dos chuveiros automáticos. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram pesquisa bibliográfica e pesquisa eletrônica. Para elaboração deste trabalho de conclusão de curso, utilizou-se uma abordagem no método normativo (tabela pré-estabelecida), comparando ao método de Hardy Cross (aplicado pelo autor), de acordo com a que é fornecido pela NBR 10897. Por fim, foi analisado as vantagens de cada arranjo das estruturas de chuveiros automáticos, o dimensionamento final, o tipo de malha mais econômica e o custo final dos diferentes projetos, com a finalidade de estabelecer um modelo cujo custo seja o mais vantajoso e que cumpra todas as prescrições normativas. Ao fim desta pesquisa, concluiu-se que o método de cálculo hidráulico seja o mais adequado, devido à maior eficiência para o custo da instalação, além de não ser restrito a um tipo de chuveiro automático específico ou uma categoria de risco.

Palavras-chave: Projeto. Incêndio. Chuveiros Automáticos. Cálculo hidráulico. Hardy Cross.

ABSTRACT

Building fire protection is a concern of Civil Engineering in history, after the several tragedies that happened involving the buildings. Few professionals are aware of the regulations with the Fire Department. The most efficient automatic fire control equipment is the automatic shower, which works by releasing a water discharge on site under the action of heat. This automatic system of fire extinguishing by water, aims to maintain a permanent surveillance of the space to be protected. Thus, a correct sizing of fire safety systems, using the automatic showers, has direct influence on the projects. It is up to the designer, based on the standard, to specify the best alternatives for each situation and check which equipment can be used. There is the normative method (table) and the hydraulic calculation method, which dimension the whole project. This work aims to evaluate the application of the Hardy Cross method in the dimensioning of the hydraulic network of automatic fire showers, based on what is defined in NBR 10897 (ABNT, 2014). Besides quantifying the materials used, develop and analyze the sizing of the hydraulic network with the Hardy Cross method. And, finally, present the variation of costs using the two calculations. To this end, we conducted a case study, which aims to generate knowledge for practical and specific application of automatic showers. The data collection instruments used were bibliographic and electronic research. To prepare this course conclusion work, we used an approach in the normative method (pre-established table), comparing to the Hardy Cross method (developed by the author), according to what is provided by NBR 10897. Finally, we analyze the advantages of each arrangement of the automatic shower structures, the final dimensioning, the most economical type of mesh and the final cost of the different projects, in order to establish a model whose cost is the most advantageous and that fulfills all the normative prescriptions. At the end of this survey, we concluded that the hydraulic calculation method is the most appropriate due to the greater efficiency for the cost of the installation, besides not being restricted to a specific type of automatic shower or a risk category.

Keywords: Project. Fire. Automatic showers. Hydraulic calculation. Hardy Cross.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Focos de incêndio controlados por chuveiros automáticos	13
Figura 2 - Triângulo do fogo	17
Figura 3 - Representação visual das classes dos incêndios	19
Figura 4 - Chuveiro automático.....	28
Figura 5 - Exemplos de rede abertas	29
Figura 6 - Exemplos de Rede Fechada	30
Figura 7 - Distância máxima até as paredes (risco leve)	33
Figura 8 - Curvas de densidade e área	37
Figura 9 - Diagrama do trabalho.....	41
Figura 10 - Corte da planta de disposição dos chuveiros automáticos do projeto original	43
Figura 11 - Corte da planta de disposição dos chuveiros automáticos do projeto original	44
Figura 12 - Sequencia para o dimensionamento.....	45
Figura 13 - Malha de estudo com dados do EPANET	47
Figura 14 - Malha proposta pelo Autor com dados do EPANET	48
Figura 15 - Comparativos entres os projetos	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação da edificação	20
Quadro 2 - Cor de indicação da temperatura nominal dos chuveiros automáticos	28
Quadro 3 - Tempo mínimo de funcionamento do sistema de chuveiros para cada classe	29
Quadro 4 - Distância mínima entre os chuveiros	31
Quadro 5 - Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância.....	32
Quadro 6 - Distância mínima e máxima de chuveiros automáticos à parede.....	33
Quadro 7 - Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos.....	34
Quadro 8 - Calculados por tabela, para áreas menores que 465m ²	35
Quadro 9 - Condições mínimas de funcionamento do sistema de chuveiros automáticos.....	36
Quadro 10 - Quadros de dimensionamento	36
Quadro 11 - Demanda de chuveiros automáticos e duração do abastecimento de água	37
Quadro 12 - Orçamento do projeto original	46
Quadro 13 - Orçamento do projeto proposto pelo autor.....	49
Quadro 14 - Comparativo entre os projetos.....	50

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	Objetivos.....	15
1.1.1.	<i>Objetivo geral</i>	15
1.1.2.	<i>Objetivos específicos</i>	15
1.2.	Estrutura do trabalho	15
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1.	Teoria básica do fogo.....	17
2.1.1.	<i>Formas de propagação do fogo.....</i>	18
2.1.2.	<i>Classe de incêndio</i>	18
2.1.3.	<i>Classificações das edificações.....</i>	20
2.1.3.1.	Edificações de risco leve	21
2.1.3.2.	Edificações de risco ordinário	21
2.1.3.3.	Edificações de risco extraordinário	22
2.1.4.	<i>Métodos de extinção do fogo</i>	22
2.1.5.	<i>Extintor</i>	23
2.1.6.	<i>Hidrantes</i>	24
2.1.7.	<i>Chuveiros automáticos</i>	25
2.2.	Método de Hardy-Cross	26
2.3.	EPANET	26
2.4.	Projeto de Chuveiros Automáticos	27
2.4.1.	<i>Tipos de redes de chuveiros automáticos</i>	29
2.4.2.	<i>Espaçamento entre os chuveiros</i>	31
2.4.3.	<i>Área de cobertura</i>	31
2.4.4.	<i>Área e distância máxima entre os chuveiros</i>	32
2.4.5.	<i>Distância entre os chuveiros automáticos</i>	32

2.5.	Valores do coeficiente de descarga (fator k).....	33
2.6.	Dimensionamento dos chuveiros automáticos.....	34
2.6.1.	<i>Dimensionamento por regras da NBR 10897:2014</i>	35
2.6.2.	<i>Dimensionamento utilizando cálculos hidráulicos.....</i>	37
2.7.	Cálculo da perda de carga	38
2.7.1.	<i>Aplicação da Equação de Hazen-Williams</i>	38
2.7.2.	<i>Carga de velocidade</i>	39
3.	METODOLOGIA.....	40
3.1.	Caracterização da pesquisa	40
3.2.	Descrição do objeto de estudo.....	41
3.3.	Quantificar o projeto original.....	42
3.4.	Aplicar a malha de Hardy Cross.....	42
3.5.	Dimensionamento da rede de Hardy Cross.....	44
3.6.	Quantificar o projeto proposto pelo autor	45
4.	RESULTADOS	46
4.1.	Rede hidráulica – Projeto Original.....	46
4.1.1.	<i>Orçamento – Projeto Original</i>	46
4.2.	Dimensionamento da rede hidráulica – Método de Hardy Cross	47
4.2.1.	<i>Orçamento – Projeto Original</i>	49
4.3.	Comparativo entre projetos.....	49
5.	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS.....	54
	ANEXO.....	1157
	APÊNDICES	59

O incêndio ocorre quando há uma falha na prevenção.

1. INTRODUÇÃO

A prevenção de combate ao incêndio predial é uma preocupação da Engenharia Civil na história, após várias tragédias que aconteceram envolvendo edificações. Assim, a Engenharia busca aperfeiçoar a segurança da vida humana e manutenção de bens materiais, além de melhorar as regulamentações e normas de combate a incêndio.

Ao longo dos anos, a proteção de combate a incêndio tem avançado e assim melhorado a prevenção predial. No Brasil, essa preocupação começou desde de um grande incêndio que ocorreu em Niterói (RJ), no Gran Circo Norte-Americano, em 1961, que possuía apenas uma saída de emergência. Por causa disso, foi impossível evacuar todas as pessoas do local, totalizando 503 óbitos (JORDÃO, 2019). A lona que cobria os dois mil e quinhentos espectadores foi tomada pelas chamas e caiu sobre o público presente. Pessoas morreram queimadas e pisoteadas, com os corpos obstruindo as saídas. O dimensionamento e posicionamento equivocados das saídas, bem como a falta de pessoas treinadas para orientação de escape foram os fatores apontados como os causadores da tragédia (MAGNUS, 2019).

Em 2013, ocorreu uma das maiores tragédias, em número de vítimas da história brasileira. Durante uma festa na boate Kiss, em Santa Maria (RS), houve um incêndio que totalizou 237 mortos e 636 feridos. Entre os fatores determinantes que causaram a tragédia estavam: a falha no funcionamento dos extintores de incêndio, dificuldade de evacuação do público, deficiência nas saídas e na iluminação de emergências, falta de um mecanismo para retirar a fumaça, ausência de um mecanismo para o controle de temperatura, como os chuveiros automáticos. Além desses fatores, a utilização de materiais inadequados na edificação, como uma espuma emborrachada inflamável, também favoreceu a propagação do incêndio. Uma vez que este material queimou e liberou o gás cianeto, intoxicando a maior parte das vítimas (SILVA FILHO, 2013).

Outro incêndio de proporções significativas ocorreu no Museu Nacional, no Rio de Janeiro (RJ), em 2018. A propagação do fogo começou após o horário de visitação do local, não havendo nenhum ferido, porém o prejuízo foi avaliado em 90% do acervo, onde mais de 20 milhões de itens foram destruídos. Grande porção da estrutura do Museu Nacional era de madeira, e muitos materiais utilizados na construção eram inflamáveis, incluindo o fóssil humano mais antigo das Américas, o crânio de Luzia. A situação do Museu junto ao Corpo de Bombeiros era irregular (MAGNUS, 2019).

Em janeiro de 2019, no Rio de Janeiro, um incêndio atingiu o dormitório do Centro de Treinamento do clube de futebol Flamengo. A tragédia ocasionou a morte de dez jovens

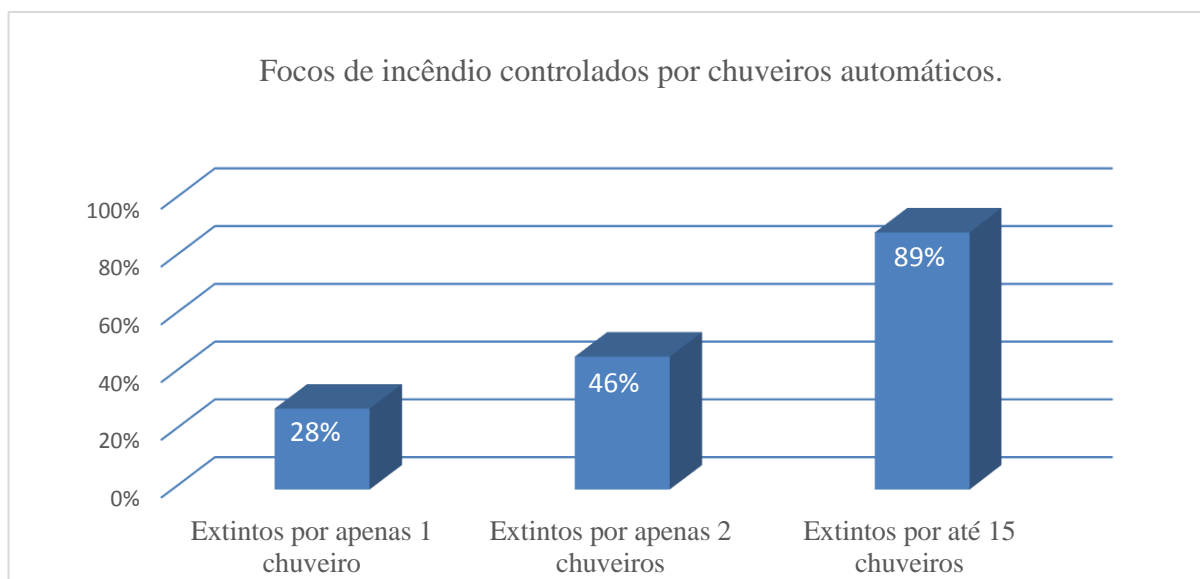
atletas e a hospitalização de três feridos (JORDÃO, 2019). O estabelecimento não possuía certificado de aprovação dos Bombeiros do Rio de Janeiro. Além disso, o que constava no último projeto aprovado junto à prefeitura da cidade era a presença de um estacionamento no local onde foi construído o dormitório.

Apesar de ser um dos requisitos básicos para a construção de um projeto, a segurança contra incêndio, além do uso, manutenção e prevenção de incêndios nas estruturas são temáticas pouco contemplados nas disciplinas das graduações de Engenharia e Arquitetura no país. Portanto, são poucos os profissionais que têm conhecimento teórico e prático da regulamentação vigente junto ao Corpo de Bombeiros (ONO, 2007).

Um dos meios de combate a incêndio é o chuveiro automático. Esse dispositivo foi inventado pelo Major Stewart Marcison, em 1864, e, desde então, demonstra ser o equipamento automático mais eficiente de controle de incêndios. O chuveiro automático funciona através de um elemento termossensível, que se funde sob a ação do calor e permite a descarga da água sobre pressão em todas as direções. De tal forma que, somente serão acionados os aparelhos atingidos pela ação do calor (SEITO et al., 2008).

Segundo Roter e Viana (2014), estudos publicados na década de 90 demonstram que as edificações onde os sistemas de chuveiros automáticos são devidamente projetados, instalados e mantidos há maiores chances de controle do foco de incêndio, como mostram os resultados apresentados na Figura 1 a seguir.

Figura 1 - Focos de incêndio controlados por chuveiros automáticos



Fonte: Adaptado pelo autor, Roter e Viana (2014)

Um sistema automático de extinção de incêndio por água tem o objetivo de manter uma vigilância permanente do espaço a proteger. Além do mais, em caso de ativação do sistema de extinção automático de incêndio, ele atua no princípio do incêndio. Assim, o correto dimensionamento de sistemas de segurança contra incêndio, que usa os chuveiros automáticos, tem influência direta no projeto final da edificação, porque reduz os danos materiais e à vida que possam existir (SILVA, 2012).

Cabe ao projetista, baseado na norma NBR 10897 (ABNT, 2014), especificar as melhores alternativas para cada situação predial e verificar quais equipamentos podem ser empregados na construção, tendo como base seus custos. Assim, é preciso desenvolver um sistema de segurança contra incêndio bem dimensionado, para que esse retrate e atenda as especificações de cada projeto. Por conseguinte, é necessário delimitar quais alternativas podem ser empregadas em relação a métodos de cálculo e a escolha de materiais, a fim de ter o menor custo para execução do sistema de chuveiros automáticos (PACKER, 2018).

Para orientar o dimensionamento do chuveiro automático, deve-se usar a tabela que está apresentada na NBR 10897. Estas tabelas devem ser aplicadas em edificações de risco leve e ordinário de incêndio. Nelas encontram-se as orientações para determinação vazões, pressões, diâmetro das tubulações, carga de reserva técnica de incêndio, entre outros. As regras referentes aos sistemas dimensionados por tabelas obtidas na NBR 10897 não se aplicam aos sistemas dimensionados por cálculo hidráulico, sejam estes novos sistemas ou ampliações de sistemas existentes, exceto pelo fato de que todos os sistemas continuam a ter limitação de área.

No dimensionamento por cálculo hidráulico é necessário determinar todo o arranjo de chuveiros automáticos, utilizando por exemplo, as fórmulas de vazão de fluido para cada chuveiro automático e o seu respectivo espaço de cobertura. Esse espaço de cobertura equivale, no mínimo, à densidade da água estabelecida, distribuída com um grau satisfatório de regularidade sobre a área de emprego dos chuveiros. Os chuveiros tem que funcionar ao mesmo tempo, com uma pressão calculada suficiente para realizar a vazão, que deve ser maior ou igual a pressão mínima indicada pelas regulamentações (NASCIMENTO; SILVA, 2017).

O método do cálculo hidráulico é mais preciso, em decorrência de sua adequação e eficiência no custo da instalação do sistema, além de não ser restrito a um tipo de chuveiro automático específico ou a uma categoria de risco de incêndio das edificações. A partir desse tipo de dimensionamento, determina-se a necessidade de alguns fragmentos do projeto para que possam ser utilizados nos cálculos hidráulicos.

Dessa forma, tendo em consideração a existência dos dois métodos de dimensionamento hidráulico de sistema de chuveiros automáticos, o presente trabalho busca

avaliar a aplicação tecno-econômica do método do cálculo hidráulico da malha de Hardy Cross em uma edificação previamente dimensionada pelo método de tabela estabelecidos na NBR 10897 (ABNT, 2014).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Tem como objetivo avaliar a aplicação tecno-econômica da malha de Hardy Cross no dimensionamento da rede hidráulica de Chuveiros Automáticos Contra Incêndio, com base no que é definido na NBR 10897 - Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos - Requisitos.

1.1.2. Objetivos específicos

- Quantificar os materiais específicos encontrados no projeto original;
- Aplicar uma nova malha sobre o projeto proposto pelo autor, utilizando o método de Hardy Cross;
- Desenvolver e analisar conforme a NBR 10897, o dimensionamento da nova rede hidráulica com a malha de Hardy Cross;
- Quantificar os materiais específicos encontrados no novo dimensionamento do projeto elaborado pelo autor;
- Apresentar a variação do custo inicial para o custo do novo dimensionamento;
- Propor a melhor alternativa para reduzir os custos utilizando os parâmetros que estão inseridos na NBR 10897.

1.2. Estrutura do trabalho

Na seção 1, a introdução, são apresentados o conteúdo histórico e a justificativa do tema, além da abordagem inicial de tópicos que serão aprofundados ao longo do trabalho.

Na seção 2 está o referencial teórico, que traz uma revisão bibliográfica e as normas vigentes acerca do conteúdo abordado.

Em seguida, mostra-se a seção 3, composta pela metodologia, que explica a caracterização da pesquisa e o percurso metodológico desenvolvido nesta monografia.

Logo após, estão as seções 4 e 5, onde serão abordados os resultados e conclusões, respectivamente, e buscam expor todo o desfecho da pesquisa, com a comparação e proposição do melhor método a ser empregado no estudo. Ao fim, serão apresentadas as referências bibliográficas utilizadas em neste trabalho de conclusão de curso.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Teoria básica do fogo

Para compreender as relações existentes quanto as formas de propagação e de extinção de incêndios, é fundamental conhecer os elementos que compõem o fogo. O fogo é uma reação química que libera luz e calor. Assim, deve-se conhecer quais são os elementos que compõem essa reação. A teoria básica do fogo é composta por elementos básicos:

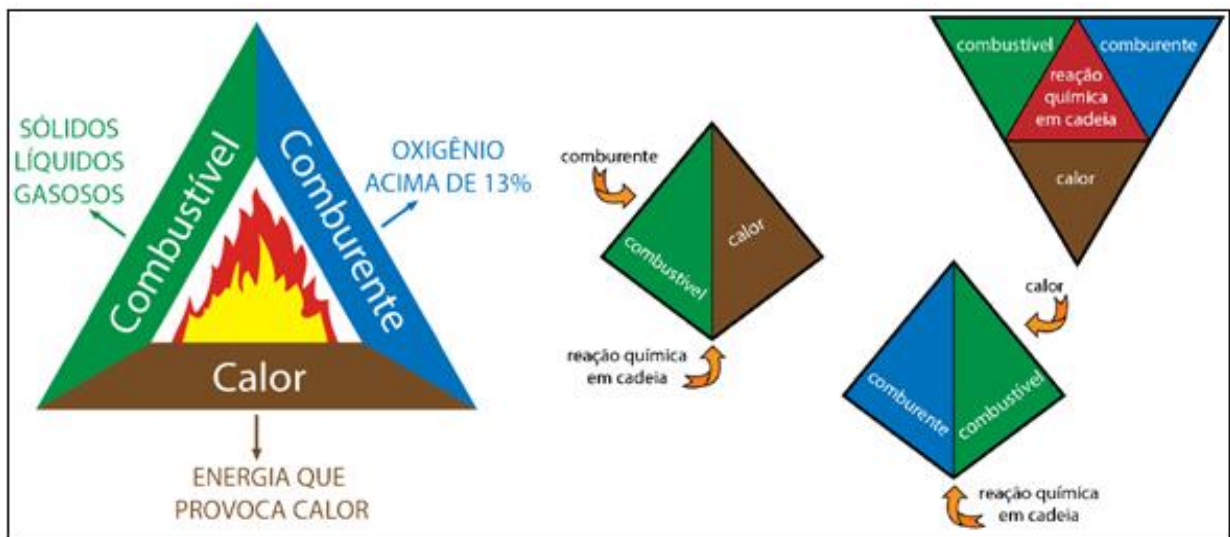
Combustível é a matéria que se queima para produzir energia térmica (madeira, gasolina, etc.) ou elemento que libera energia por fissão ou fusão (urânio, plutônio, etc.).

Comburente é o que reage com o combustível para provocar a combustão (por exemplo, oxigênio, hidrogênio, metais leves, etc.).

Calor é uma forma de energia. É o elemento que inicia o fogo e permite que ele se propague. Verifica-se que algumas vezes até mesmo o aquecimento de uma máquina já é suficiente para prover calor necessário para o início de uma combustão.

Além desses elementos, existe a reação em cadeia, que envolve os três elementos acima, sem essa interação não se produz fogo. Os elementos básicos, ao reagir em cadeia, dão origem ao fogo. A literatura denomina esses elementos, bem como a relação entre eles, como triângulo do fogo, apresentado na Figura 2. Outra denominação é a de tetraedro do fogo, sendo está mais recente, e que considera também a reação em cadeia (BRASIL, 2013).

Figura 2 - Triângulo do fogo



Fonte: Brasil (2013).

2.1.1. Formas de propagação do fogo

Segundo Brasil (2013), as formas de transmissão de calor de um corpo para o outro ou para um meio são: condução, convecção e irradiação. Em algumas situações, pode-se ter mais de uma forma de propagação envolvida na transmissão do fogo.

Condução é a forma pela qual o calor é transmitido de matéria para matéria ou em um mesmo corpo, de molécula para molécula. Um exemplo é quando uma barra de ferro é aquecida, onde pode-se sentir o calor gradativamente ao longo do seu comprimento.

Convecção é quando o calor é transmitido através de uma massa de ar aquecida ou de um ambiente para o outro. Como exemplo, tem-se algumas situações em que um ambiente de um edifício está em chamas e, em minutos, os outros andares da mesma estrutura também começam a pegar fogo.

Irradiação é a transmissão do calor por meio de ondas caloríficas através do espaço. Um exemplo é a transmissão de calor do sol para a terra, através dos raios solares.

2.1.2. Classe de incêndio

Para compreender como combater o incêndio é necessário entender as classes de incêndio. Pois somente assim será possível atuar no combate ao fogo de forma correta e eficaz.

Segundo Brasil (2013), existem cinco tipos de classes de incêndio, sendo elas apresentadas a seguir: Classe A – sólidos combustíveis; Classe B – líquidos e gases combustíveis; Classe C – materiais energizados; Classe D – metais pirofóricos; e Classe K – óleos e gorduras.

CLASSE A: Os incêndios que ocorrem nos materiais fibrosos ou combustíveis sólidos. Que queimam em superfície e profundidade, resultando em resíduos (cinzas ou brasas). Os exemplos mais comuns são: madeira, papel, borracha, cereais, tecidos etc.

CLASSE B: Os incêndios ocorridos em combustíveis líquidos ou gases combustíveis. Nessa classe, a queima é feita através da sua superfície e não deixa resíduos. Os exemplos são: GLP, óleos, gasolina, éter, butano etc.

CLASSE C: Os incêndios ocorridos em materiais energizados. Esse tipo de classe oferece um alto risco à vida no seu combate, pela presença de eletricidade. Quando se desconecta o equipamento da sua fonte de energia, se não houver nenhuma bateria interna ou dispositivo que mantenha energia, pode-se tratar como incêndio em classe A ou classe B. Os

exemplos são: Ar-condicionado, equipamentos eletrônicos, transformadores, motores, interruptores etc.

CLASSE D: Os incêndios ocorridos em metais pirofóricos. São matérias que irradiam uma forte luz e são muito difíceis de serem apagados. Como exemplo: rodas de magnésio, potássio, alumínio em pó, titânio, sódio etc.

CLASSE K: Os incêndios em banha, gordura e óleos voltados ao cozimento de alimentos. É uma classe de muita periculosidade, ao passo que o trato de banha, gordura e óleos é bastante comum nas cozinhas residenciais e industriais. Os exemplos são os próprios incêndios que ocorre nas cozinhas quando a banha, a gordura e os óleos são aquecidos. Essa classe jamais deve-se tentar combater com água, pois reage perigosamente com água, gerando explosões e ferindo quem estiver próximo. O método mais indicado de combater o incêndio nessa classe é através do abafamento (BRASIL, 2013).

Nos últimos anos houve especulações de uma nova classe, a Classe E, que representa os materiais químicos e radioativos. Como essa nova classe ainda não é reconhecida internacionalmente, não a estudos sobre tal assunto.

A Figura 3, mostra um resumo das classes de incêndio.

Figura 3 - Representação visual das classes dos incêndios



Fonte: Google (2020).

2.1.3. Classificações das edificações

A classificação do risco quanto à ocupação é determinada em função da carga de incêndio, do risco de inflamação dos materiais ou produtos contidos e das características de ocupação ou uso do ambiente (GUIMARÃES, 2017). Segundo a Norma Técnico N° 01/2008, do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (CBMCE), que relaciona a aplicabilidade dos tipos de sistemas em função da classificação das edificações, como visto no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 - Classificação da edificação

Grupo	Ocupação/ Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
A	Residencial	A-1	Habitação unifamiliar	Casas térreas, etc.
		A-2	Habitação multifamiliar	Edifícios de apartamento, etc.
		A-3	Habitação coletiva	Pensionatos, etc.
B	Serviço de Hospedagem	B-1	Hotel e assemelhado	Motéis, etc.
		B-2	Hotel residencial	Hotéis, etc.
C	Comercial	C-1	Comércio com baixa carga de incêndio	Artigos hospitalares, etc.
		C-2	Comércio com média e alta carga de incêndio	Edifícios de lojas comerciais, etc.
		C-3	Shoppings centers	Shopping centers, etc.
D	Serviço profissional	D-1	Local para prestação de serviço	Escritórios administrativos, etc.
		D-2	Agência bancária	Agências bancárias, etc.
		D-3	Serviço de reparação	Lavanderias, etc.
		D-4	Laboratório	Laboratórios de análises, etc.
E,F,G, H,I,J,M	Os demais grupos estão presentes na Norma Técnica N° 01/2008 - Procedimentos de Administrativo. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará.			

Fonte: Adaptado da CBMCE (2008).

Segundo a NBR 10897 (ABNT, 2014), as edificações devem ser classificadas de acordo com a quantidade e combustibilidade existente, quantidade prevista de liberação de calor, potencial total de liberação de energia e presença de líquidos inflamáveis e combustíveis. A classificação é a seguinte:

- Risco leve;
- Risco ordinário (grupos 1 e 2);

- Risco extra ou extraordinário (grupos 1 e 2).
- Áreas de armazenamento (ver NBR 13792).

É fundamental determinar a correta classificação da edificação, a fim de propiciar a correta proteção contra incêndios.

2.1.3.1. Edificações de risco leve

São compreendidas como de risco leve as ocupações ou parte das ocupações onde a quantidade e/ou a combustibilidade do conteúdo (carga de incêndio) são baixos, tendendo à moderada, onde é esperada uma taxa de liberação de calor de baixa a média.

São exemplos: igrejas, clubes, escolas públicas e privadas (1º, 2º e 3º graus), hospitais com ambulatorios, cirurgia e centros de saúde, hotéis, edifícios residenciais e similares, 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, como exigido pela NBR 10897 (ABNT, 2014).

2.1.3.2. Edificações de risco ordinário

São entendidas com as ocupações ou parte de ocupações onde a combustibilidade do conteúdo é baixa e a quantidade de materiais combustíveis é moderada. A altura de armazenamento não pode exceder 2,4m. São esperados incêndios com moderada taxa de liberação de calor.

Compreendem ocupações isoladas em que o volume e a combustibilidade do conteúdo são médios. Subdividem-se em dois grupos, conforme dispõe a NBR 10897 (ABNT, 2014):

- Grupo I: Edificações comerciais ou industriais em que a combustibilidade do conteúdo é média e quantidade de combustíveis é moderada. São exemplos: estacionamento de veículos; padarias; fabricação de bebidas; fábrica de conservas; processamento e fabricação de produtos lácteos, fabricação de vidro, lavanderias; área de serviço de restaurante.

- Grupo II: Ocupações ou parte das ocupações isoladas comerciais ou industriais, onde a altura de empilhamento é menor que 3,7 m para taxa de liberação moderada e menor que 2,4 m para taxa de liberação alta. São exemplos: moinhos de grãos; fábrica de produtos químicos; confeitarias; destilarias; instalações para lavagem a seco; fábricas de ração animal;

estábulo; fabricação de produtos de couro; bibliotecas com área de prateleiras altas; área de usinagem; indústria metalúrgica; lojas; fábricas de papel e celulose; processamento de papel; piores; correios; gráficas; oficinas mecânicas; área de aplicação de resinas; palcos; indústrias têxteis; fabricação de pneus; fabricação de produtos de tabaco; processamento de madeira; montagem de produtos de madeira.

2.1.3.3. Edificações de risco extraordinário

Compreende as edificações em que a carga de incêndio são altas e possibilitam incêndio de rápido desenvolvimento e alta velocidade de liberação de calor. Subdividem-se em dois grupos, conforme a NBR 10897 (ABNT, 2014):

- Grupo I: Compreendem as ocupações ou parte de ocupações onde a quantidade e a combustibilidade do conteúdo é muito alta, apresentam poeira e outros materiais que provocam incêndios que se desenvolvam rapidamente, produzindo alta taxa de liberação de calor. Neste grupo, as ocupações possuem pequenas quantidades ou não possuem líquidos combustíveis e inflamáveis. São exemplos: fundições; hangares; extrusão de metais; fabricação de compensados e aglomerados; recuperação, formulação, secagem, moagem e vulcanização de borracha; serrarias; estofamento de móveis com espuma plástica;
- Grupo II: Compreendem as ocupações de moderada ou substancial quantidade de líquidos combustíveis ou inflamáveis. São exemplos: saturação com asfalto; aplicação de líquidos inflamáveis por spray; pintura por *flow coating*; manufatura de casas pré-fabricadas; limpeza com solventes; pintura e envernizamento por imersão;

2.1.4. Métodos de extinção do fogo

Para a extinção do fogo é necessário que se tenha a quebra da reação em cadeia e o isolamento de um dos elementos do fogo, assim, se tem a interrupção da combustão. Portanto, os métodos de extinção do fogo são: resfriamento, abafamento, isolamento e químico.

O resfriamento consiste na redução da temperatura e, conseqüentemente, na diminuição do calor. O objetivo é fazer com que o combustível não gere mais gases, vapores e se apague. O agente resfriador mais comum e mais utilizado é a água.

Já o abafamento é o método que consiste em impedir que o comburente (geralmente o oxigênio) permaneça em contato com o combustível, para a alimentação da combustão. Assim, a retirada do comburente elimina o fogo.

Isolamento, por sua vez, visa atuar na retirada do combustível da reação.

Por fim o método, químico, requer a combinação de um agente químico específico com a mistura inflamável (vapores liberados do combustível e comburente), a fim de tornar essa mistura não inflamável (BRASIL, 2013).

2.1.5. Extintor

Segundo Vivian (2016) os extintores possuem em sua composição agentes capazes de extinguir o fogo, devido às suas composições químicas. Quando acionados e lançados de forma eficaz, conseguem extinguir o fogo. São inúmeros os agentes extintores existentes, porém os mais comuns são:

- **Pó químico:** age na quebra da reação em cadeia, evitando o processo de combustão. Há várias composições de pós, divididas pelas classes de fogo em líquidos inflamáveis e energia elétrica (B e C), fogo em sólidos, líquidos inflamáveis e eletricidade (A, B e C) e D (metais combustíveis).
- **Compostos halogenados:** são compostos químicos que quebram a reação em cadeia e também agem por abafamento. Não danificando os equipamentos eletrônicos sensíveis. São aplicáveis para as classes de fogo A, B e C.
- **Gás Carbônico (CO₂):** atua por abafamento e por resfriamento, em ação secundária. É um gás sem cheiro e não conduz eletricidade, sendo recomendado na extinção de fogo classes B e C. É um gás asfixiante e é por isso que deve ser evitado o uso em ambientes pequenos.
- **Espuma Mecânica:** age primeiro por abafamento e de forma secundária por resfriamento. A espuma atua na superfície como uma substância aquosa, dificultando a reignição do fogo. É ideal para extinguir fogo da classe B.
- **Água:** atua por esfriamento. Sua ação por abafamento ocorre devido a sua capacidade de transformação em vapor. Específico para classe A. É importante que os extintores de água não sejam usados no meio elétrico, pois pode ocasionar um choque-elétrico, ou mesmo aumentar mais ainda a gravidade da situação, causando danos.

O extintor receberá sempre o nome do agente químico que ele transporta. O mesmo deverá ser fabricado conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O extintor poderá ser denominado de duas formas, de acordo com o seu transporte:

- **Portátil:** onde geralmente possuem carga nominal de até 20Kg e pode ser operado por uma única pessoa.

- Carreta: atua sobre rodas e quando seu peso total passar de 20Kg ou sua operação exigir mais de uma pessoa.

Após instalado, um extintor nunca poderá ser removido, a não ser quando para uso em combate ao fogo, para recarga, para teste ou para instrução, devendo estar sempre sinalizado e seu local acesso desobstruído.

2.1.6. Hidrantes

De acordo com Seito et al. (2008) os hidrantes são sistemas fixos de combate a incêndios que funcionam a partir do comando manual, que libera água sobre determinado foco de incêndio. Desta forma, esse método é utilizado para extinguir ou controlar o fogo.

Segundo Viana (2016), os hidrantes possuem tubulações que permitem a captação de água, que é dissipada por mangueira e controlada pelos esguichos. Os hidrantes possuem componentes específicos para seu funcionamento, apresentados abaixo:

- Mangueiras: são dutos flexíveis e dobráveis, fabricado com fibras naturais (algodão, linho) e fibras sintéticas (poliéster) e etc. É necessário que a mangueira tenha essas características para ser utilizada na condução da água até o ponto do incêndio. Existem cuidados especiais, que devem ser tomados com as mangueiras, por exemplo: evitar arrastá-las no piso, bater suas conexões ou quaisquer danos, pois, caso isto ocorra, toda a mangueira ficará inutilizável.

- Esguichos: são equipamentos destinados a dar forma e direção ao jato d'água. São de diversos tipos, porém são comuns os esguichos: jato sólido, regulável simples e formador de espuma.

- Chaves de mangueiras: servem para auxiliar no acoplamento entre mangueiras ou equipamentos com conexões, quando há dificuldade para fazê-lo com as mãos.

- Derivante: são peças em forma de "Y", feitos para a multiplicação do ponto de aplicação da água para dois ou mais pontos. Podem ser montadas com ou sem registros.

- Caixa ou Abrigo: é um compartimento, em geral na cor vermelha, embutido ou aparente, dotado de porta, destinado a armazenar as mangueiras, chaves de mangueiras, esguichos e outros equipamentos de combate a incêndio, que é capaz de protegê-los contra adversidade e danos diversos. É instalado em local visível e de fácil acesso, inclusive sinalizado de forma adequada.

Todas as conexões são confeccionadas em latão, montadas por meio de encaixe com às extremidades das mangueiras e que servem para acoplá-las aos hidrantes, de forma padrão para as outras conexões.

2.1.7. Chuveiros automáticos

De acordo com Seito et al (2008), os chuveiros automáticos são caracterizados por serem um sistema fixo de combate a incêndio. A sua ativação acontece quando há um foco de incêndio no ambiente a proteger. Os chuveiros automáticos liberam água em uma densidade adequada ao risco do local. Visando proteger, extinguir ou controlar, de forma rápida, o incêndio em seu estágio inicial.

O princípio de operação desse sistema consiste em confinar o fogo na área de aplicação, controlando ou extinguindo o foco do incêndio em seu estágio inicial, por meio de descarga automática de água. Assim, em uma grande área sem compartimentação como, um galpão industrial, o sistema de chuveiros automáticos opera em compartimentos delimitados. Ele atua na área restrita ao foco do incêndio, o que evita a propagação do fogo e reduz os danos causados pelo fogo.

De acordo com a norma NBR 10897 (ABNT, 2014), os chuveiros automáticos são feitos de um sistema integrado de tubulações aéreas e subterrâneas, abastecido por uma ou mais fontes automáticas de água, para que se tenha a função de proteção contra incêndio. A parte do sistema de chuveiros automáticos acima do piso, normalmente está junto ao teto, compõe uma rede de tubulações dimensionada por tabelas ou por cálculo hidráulico, instalada em edifícios, estruturas ou áreas, no qual são conectados chuveiros automáticos seguindo um padrão regular, vinda de uma válvula de controle e um dispositivo de alarme. O sistema é ativado pelo calor do fogo e descarrega água sobre a área em questão.

Ainda de acordo com a NBR 10897 (ABNT, 2014), existe uma parte do sistema após a válvula de alarme que é formada por uma rede de tubulações fixas, compreendendo tubulações de subida principal, tubulações de subidas ou descidas, tubulações gerais, tubulações sub gerais e ramais. Ao decorrer dos ramais são instalados os chuveiros automáticos para atender às seguintes condições exigidas:

- Proteção total;
- Mínimo de interferência à descarga de água;
- Área máxima por chuveiro automático, de acordo com o risco a proteger;

- Posição em relação ao teto ou telhado, para obter uma sensibilidade adequada de funcionamento, em função do acúmulo mais rápido de calor junto ao chuveiro automático.

2.2. Método de Hardy-Cross

O método de Hardy-Cross é um método iterativo de balanceamento de vazões e pressões na rede baseado na Lei da Conservação de Massas, na Lei da Conservação da Energia e na relação vazão por perda de carga, estipulada pela fórmula universal ou por Hazen-Williams. Segundo Bentes (2016) Hardy-Cross foi o pioneiro na elaboração dos métodos a ser desenvolvido, e devido a sua facilidade de compreender fisicamente o que está acontecendo ele é bastante utilizado para fazer o equilíbrio de redes hidráulicas. Porém quanto maior o número de variáveis maior a complexidade dos cálculos.

O método requer uma análise não linear onde para isso se faz necessário a utilização de ferramentas computacionais para desenvolver as iterações. Como exemplo, deve-se fazer uma estimativa da vazão inicial, considerando a Lei da Conservação de Massas onde toda vazão que entra deve sair o sistema. A partir da equação da conservação de energia faz-se a correção da vazão inicialmente adotada.

2.3. EPANET

O EPANET foi idealizado pela agência estatal norte-americana U.S. Environmental Protection Agency (EPA), sendo sua primeira versão lançada em janeiro de 1993, é um programa computacional que possibilita a realização de simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico de um sistema pressurizado, inclusive atendendo critérios referente a qualidade da água, em um determinado período. Traduzido e adaptado pelo Laboratório de Eficiência energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e tendo conformidade com o Manual do EPANET 2.0 Brasil,

Segundo Rossman (2009) o EPANET é um programa de modelagem hidráulica e de qualidade de água mais utilizado no mundo, possui versões nos principais idiomas, exponencialmente, devido a sua facilidade de uso e por ser um programa disponibilizado gratuitamente. A elaboração da versão brasileira do EPANET surgiu através da política da EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) que disponibiliza o programa livremente, com o seu código fonte, de forma que este possa ser adaptado para as diversas versões a serem compatibilizadas no mundo. O EPANET é um programa de computador que permite executar

simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em redes de distribuição pressurizada. Uma rede é constituída por tubulações, bombas, válvulas, reservatórios de nível fixo e/ou reservatórios de nível variável.

O EPANET permite obter os valores da vazão em cada tubulação, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede durante o período de simulação, subdividido em múltiplos intervalos de cálculo. O EPANET foi concebido para ser uma ferramenta de apoio à análise de sistemas de distribuição, melhorando o conhecimento sobre o transporte e o destino dos constituintes da água para consumo humano. Pode ser utilizado em diversas situações onde seja necessário efetuar simulações de sistemas pressurizados de distribuição. O estabelecimento de cenários de projeto, a calibração de modelos hidráulicos, a análise de redes de abastecimento de água, redes de incêndio são alguns exemplos de aplicação do programa.

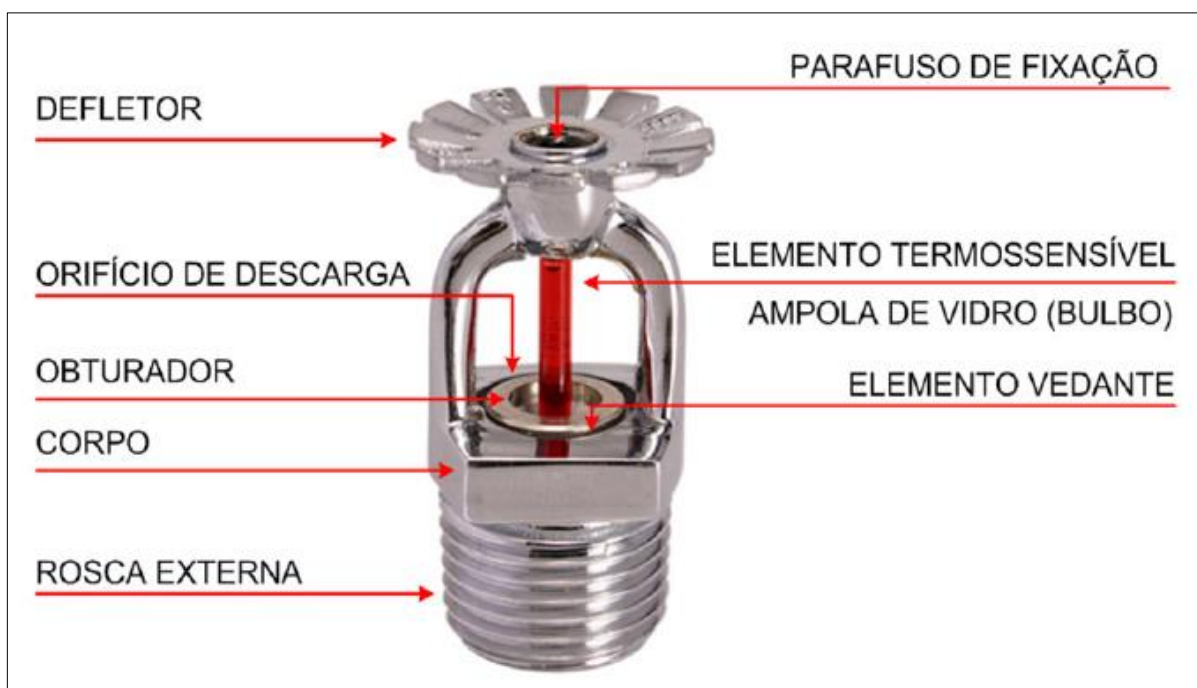
2.4. Projeto de Chuveiros Automáticos

Como determinando na norma NBR 6135 (ABNT, 1992) – Chuveiros Automáticos para extinção de incêndio, estes dispositivos possuem os seguintes componentes:

- **Corpo:** parte do chuveiro automático que contém rosca, para fixação na tubulação, braços e orifício de descarga e serve como suporte dos demais componentes.
- **Defletor/Difusor:** elemento destinado a quebrar o jato sólido, de modo a distribuir a água, segundo padrões estabelecidos na NBR 6135 (ABNT, 1992).
- **Obturador:** elemento destinado à vedação do orifício de descarga nos chuveiros automáticos.
- **Elemento termo sensível:** componente destinado a liberar o obturador por efeito de elevação de temperatura, após ter sido atingida a temperatura de operação.
- **Elemento vedante:** exerce uma função de vedação do orifício, onde ocorre a descarga de água.

A Figura 4 aborda chuveiro com elemento termo sensível por fusível e por ampola de vidro.

Figura 4 - Chuveiro automático



Fonte: Viana (2018).

Os chuveiros automáticos de liga fusível devem ter o líquido colorido como forma de indicação da temperatura nominal de operação, conforme são indicadas no Quadro 2 (ABNT, 2014).

Quadro 2 - Cor de indicação da temperatura nominal dos chuveiros automáticos

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

Fonte: Adaptado da NBR 10897.

O Quadro 3 mostra o tempo máximo de descarga de água para cada risco, com relação ao número de chuveiro mais remoto, o mais desfavorável e seu tempo de eficiência ao despejar a água. A contagem deve ser iniciada com a pressão normal de ar no sistema, após

operação do sistema de detecção, e no momento em que a conexão for totalmente aberta como e apresentado na norma NBR 10897 (ABNT, 2014).

Quadro 3 - Tempo mínimo de funcionamento do sistema de chuveiros para cada classe

Risco de ocupação	Número de chuveiros mais remotos inicialmente abertos	Tempo máximo de descarga de água (s)
Leve	1	60
Ordinário I	2	50
Ordinário II	2	50
Extra I	4	45
Extra II	4	45

Fonte: Adaptado da NBR 10897 (2014).

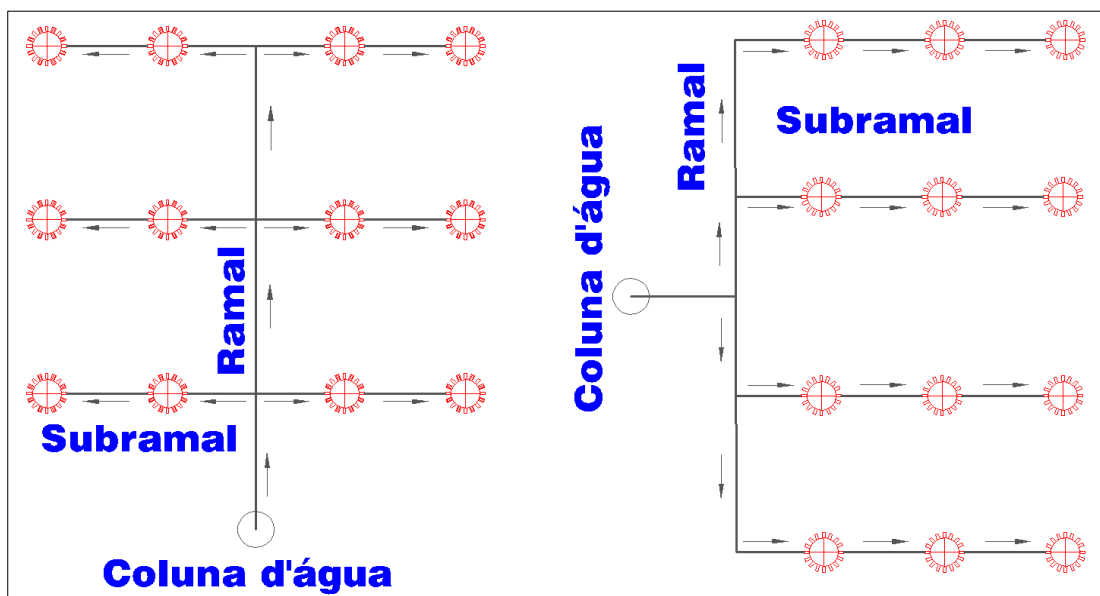
2.4.1. Tipos de redes de chuveiros automáticos

Existem várias maneiras de se distribuir as canalizações da rede hidráulica. Na prática, segue-se a de melhor adaptação arquitetônica. As redes hidráulicas de chuveiros automáticos podem ter duas tipologias: abertas ou fechadas.

2.4.1.1. Rede aberta

São as redes hidráulicas de distribuição cujos ramais, que suprem os sub-ramais onde estão conectados os chuveiros automáticos, são alimentados com água somente por uma de suas extremidades (tipo espinha de peixe), conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 - Exemplos de rede abertas



Fonte: Autor (2020).

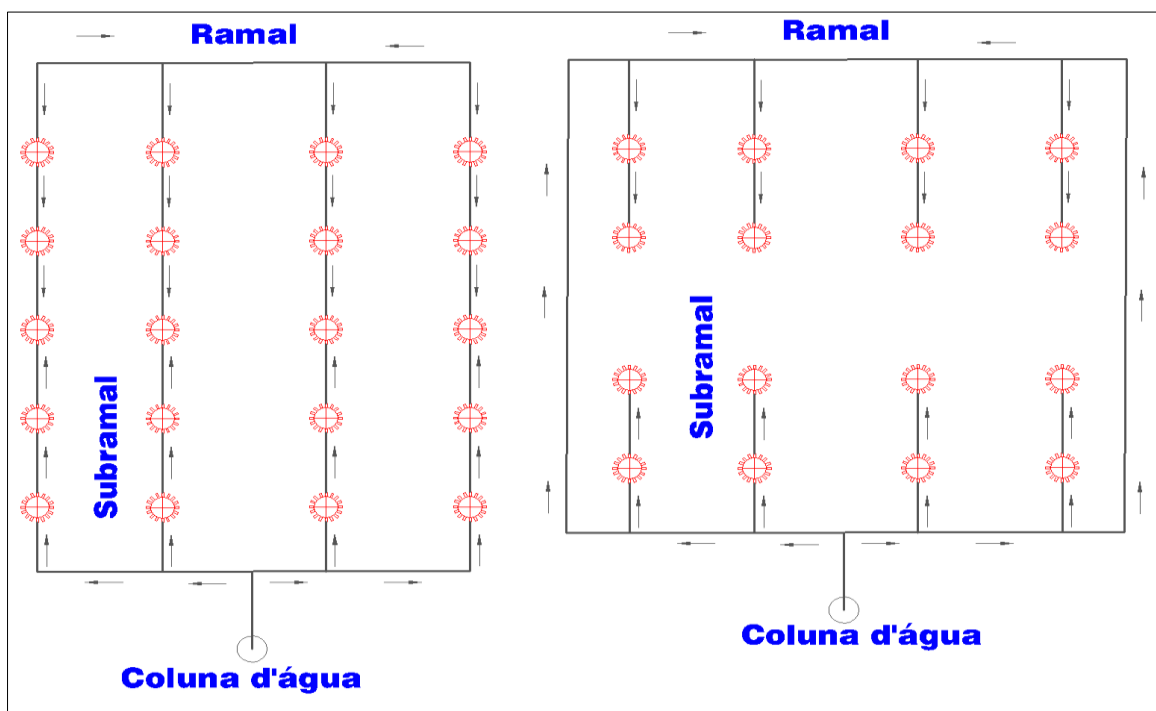
2.4.1.2. Rede fechada

São as redes hidráulicas de distribuição cujos ramais estão ligados entre si, de tal modo que podem ser abastecidos com água pelas suas duas extremidades, reduzindo assim a queda de pressão devido à divisão dos escoamentos e aos diâmetros das canalizações, conforme a NBR 10897 (ABNT, 2014).

As redes fechadas podem ser divididas em:

- **Dilúvio:** é um sistema de chuveiros abertos que são acoplados a uma tubulação conectada a uma fonte de abastecimento de água por uma válvula de dilúvio. Esta válvula é aberta por um sistema de detecção. Com a abertura a água na tubulação, é descarregada para todos os chuveiros simultaneamente;
- **Grelha ou malha:** é um sistema de chuveiros automáticos cuja tubulação sub-geral está conectada a ramais múltiplos. Um chuveiro recebe a água pelas duas extremidades do ramal, enquanto outros auxiliam no transporte da água para as demais tubulações, conforme Figura 6.

Figura 6 - Exemplos de Rede Fechada



Fonte: Autor (2020).

2.4.2. Espaçamento entre os chuveiros

Conforme a NBR 10897 (ABNT, 2014), a distância mínima permitida entre os chuveiros automáticos depende do tipo de chuveiro que será utilizado, logo este é indicado conforme o apresentado na Quadro 4.

Quadro 4 - Distância mínima entre os chuveiros

Tipo de chuveiro automático	Espaçamento mínimo (m)
Padrão	1,8
Cobertura Estendida (CE)	2,4
Controle e Aplicação Específica (CCAЕ)	2,4
Supressão Imediata e Resposta Rápida (ESFR)	2,4

Fonte: Autor (2020).

Os chuveiros automáticos do tipo padrão só podem ser usados em ocupações de risco leve com tetos lisos e planos. Excepcionalmente, podem ser usados em ocupações de risco ordinário com tetos lisos e planos, quando especificamente ensaiados e aprovados para esse objetivo.

Os chuveiros automáticos de CE só podem ser utilizados em locais cujos tetos sejam planos, lisos, sem obstruções, com uma inclinação máxima de 16,7 %. Também podem ser usados dentro de treliças metálicas cujos elementos tenham seção transversal máxima de 25 mm ou espaçamento maior que mínimo exigido pela NBR 10897 (ABNT, 2014).

Os chuveiros automáticos CCAE, são utilizados para caso específicos em que a parede não pode exceder metade da distância máxima entre chuveiros automáticos. A distância mínima permitida entre parede e chuveiros automáticos é de 100 mm.

E os chuveiros automáticos ESFR, que atuam de modo a distribuir água em grande quantidade e de forma específica, sobre uma área limitada, de modo a proporcionar rápida extinção do fogo quando instalados apropriadamente conforme a NBR 10897.

2.4.3. Área de cobertura

A área de cobertura por chuveiro (A_s) é estabelecida pela multiplicação da dimensão S pela dimensão L , ou seja:

$$A_s = S \times L$$

Onde:

As = área de cobertura por chuveiro em m²;

S = distância entre chuveiros automáticos em m;

L = distância entre ramais, em m.

2.4.4. Área e distância máxima entre os chuveiros

A máxima área de cobertura permitida para um chuveiro automático deve ser conforme o valor indicado na Quadro 5. Onde, em nenhum caso, a área deve ser superior a 20,9 m².

Quadro 5 - Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância

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 a 12,1			3,7 a 4,6				
Combustível obstruído	Calculado por tabela	15,6		8,4			4,6		3,7		
	Cálculo hidráulico			9,3 a 12,1					3,7 a 4,6		
Combustível com elemento estrutural distanciados a menos de 0,90 m	Calculado por tabela	12,1		8,4					4,6		3,7
	Cálculo hidráulico			9,3 a 12,1							3,7 a 4,6

Fonte: Adaptado da NBR 10897 (2014).

As distâncias entre ramais variam em função do tipo de risco de cada ocupação, da seguinte forma:

- Riscos leve e ordinário – não devem exceder a 4,60 m;
- Riscos extraordinário e pesado – não devem exceder a 3,70 m; podendo variar com a vazão disponível como está exposto no Quadro 5.

2.4.5. Distância entre os chuveiros automáticos

O afastamento máximo lateral entre chuveiros automáticos do projeto tem relação direta ao risco de incêndio de cada edificação. Esse dimensionamento é igual a metade do espaçamento máximo entre chuveiros automáticos nos sub-ramais ou dos sub-ramais entre si.

Desse modo, deve-se sempre medir a distância entre os chuveiros automáticos perpendicularmente a parede (ABNT, 2014).

O Quadro 6, apresenta o afastamento mínimo e máximo do chuveiro à parede.

Quadro 6 - Distância mínima e máxima de chuveiros automáticos à parede

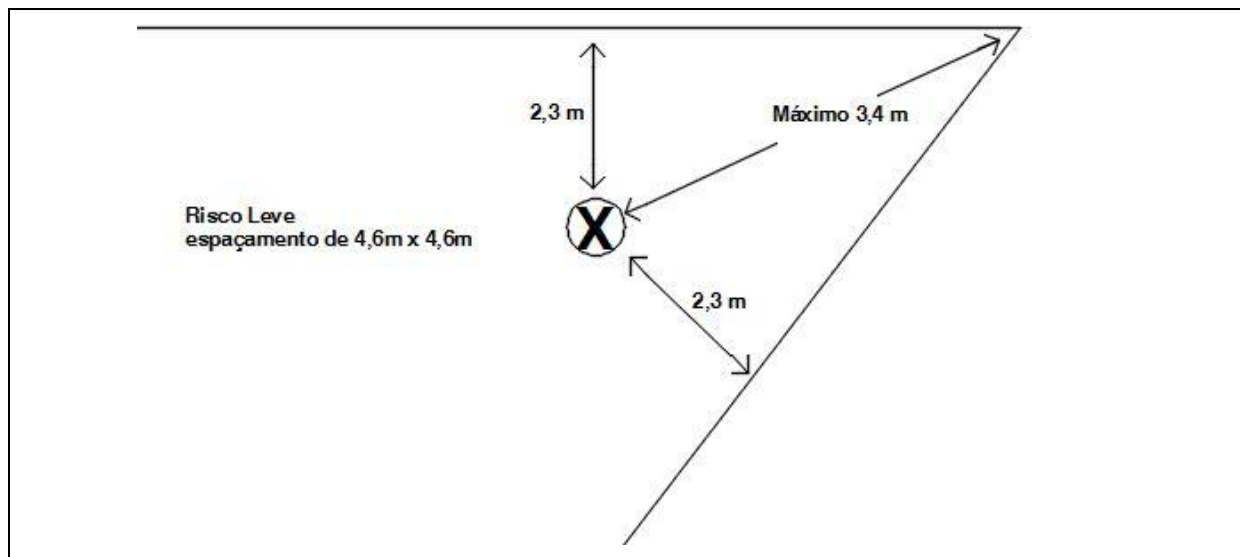
Tipo de chuveiro automático	Afastamento de teto liso com as paredes			
	Mínimo (m)	Máximo (m)		
		Leve	Ordinário	Extra
Padrão	0,10	2,3	2,3	1,55
CE	0,10	3,05 a 2,45	3,05 a 2,45	1,85
CCAE	0,10	-	1,85	1,85
ESFR	0,10	-	1,85	1,85

Fonte: Adaptado da NBR 10897 (2014).

Nas possíveis situações em que as paredes formem ângulos, ou seja, fiquem fora de esquadro, a distância máxima horizontal entre um chuveiro automático e qualquer ponto do piso protegido por aquele chuveiro não pode exceder 75% da distância máxima permitida entre chuveiros automáticos, desde que não seja excedida a distância (ABNT, 2014).

A Figura 7, a seguir mostra o exemplo desta situação.

Figura 7 - Distância máxima até as paredes (risco leve)



Fonte: Adaptado da NBR 10897 (2014).

2.5. Valores do coeficiente de descarga (fator k)

De acordo com a norma NBR 13897 (ABNT, 2014), o fator K de descarga é o fator que relaciona a vazão do chuveiro automático com a pressão dinâmica nele atuante e serve para

definir a capacidade de vazão do chuveiro automático. O fator K de descarga é definido pela fórmula:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

Onde,

K é o fator de descarga, em L/min/bar^(1/2) (1 bar = 10⁵ Pa);

Q é a vazão, em L/min ;

P é a Pressão, em m.c.a. ou kPa.

Os valores de fator K, relativos à descarga do chuveiro em função de seu diâmetro de orifício, devem obedecer à Quadro 7.

Quadro 7 - Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos

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

Fonte: NBR 13897:2014.

2.6. Dimensionamento dos chuveiros automáticos

Os chuveiros automáticos podem ser dimensionados por cálculos hidráulicos ou por meio de tabelas. O método por tabelas permite a disposição da tubulação na forma ramificada, enquanto o cálculo hidráulico permite uma maior precisão quanto à escolha da configuração da tubulação, podendo ser na forma de malha ou em anel (SEITO et al., 2008).

2.6.1. Dimensionamento por regras da NBR 10897:2014

Nesse método os diâmetros nominais das tubulações são pré-estabelecidos com base em tabelas definidas na NBR 10897, em função de classificação de risco de ocupação e do material da tubulação.

Como exposto, para o dimensionamento do sistema utilizando-se a NBR 10897 (ABNT, 2014) devem ser atendidas as recomendações do Quadro 8, para ocupações de risco leve e ordinário. Para riscos extraordinários e armazenamento, o dimensionamento deve ser feito por cálculo hidráulico, a ser consultado em outras tabelas na NBR 10897 (ABNT, 2014).

Quadro 8 - Calculados por tabela, para áreas menores que 465m²

Tipo de ocupação	Pressão residual mínima exigida (kPa)	Vazão na base da coluna principal do sistema (incluindo demanda de hidrantes) L/min	Duração (min)
Risco leve	100	2 850	60
Risco ordinário	140	5650	90

Fonte: Adaptado da NBR 10897 (2014).

O método de cálculo que se utiliza as tabelas só pode ser feito em novas instalações com área máxima de 465 m² ou em ampliações ou modificações de sistemas existentes calculados por tabela. Excepcionalmente, o método de cálculo por tabela pode ser usado em sistemas com área superior a 465 m², quando a vazão disponível for atendida pela NBR 10897 (ABNT, 2014) que tenha no mínima uma pressão de 340 kPa disponível na coluna principal.

De acordo com a Norma Técnica Nº 15 - Sistema de chuveiros automáticos, do CBMCE, que orienta a forma correta de aplicação e procedimentos dos chuveiros automáticos, o Quadro 9 apresenta as condições mínimas de funcionamento do sistema de chuveiros automáticos para cada classe de risco de ocupação.

Quadro 9 - Condições mínimas de funcionamento do sistema de chuveiros automáticos

Classificação dos riscos	Pressões (kPa)	Vazões (L/min)	Tempo mínimo (min)
Leve	110	600	30
Ordinário (grupo I)	110	900	60
Ordinário (grupo II)	110	1300	60
Ordinário (grupo III)	250	2250	60
Extraordinário	350	3000	90

Notas:

- 1) Nas pressões acima, é adicionada a pressão estática entre a válvula-alarme e/ou chave detectora de fluxo d'água e o chuveiro mais elevado.
- 2) Nas vazões acima, não estão incluídas vazões do sistema de hidrantes.
- 3) Nos sistemas de chuveiros dimensionados por cálculo hidráulico total, as pressões acima são substituídas pelas pressões resultantes do cálculo.

Fonte: Adaptado da CBMCE (2008).

Seguindo o pressuposto dos quadros anteriores, o Quadro 10 mostra a determinada quantidade de chuveiros para o diferente risco e diâmetro.

Quadro 10 - Quadros de dimensionamento

Dimensionamento para Riscos leves		Dimensionamento para Riscos ordinários		Dimensionamento para Riscos extraordinário	
Aço		Aço		Aço	
Diâmetro nominal (mm)	Quant. Máx. de chuveiros	Diâmetro nominal (mm)	Quant. Máx. de chuveiros	Diâmetro nominal (mm)	Quant. Máx. de chuveiros
DN 25	2 chuveiros	DN 25	2 chuveiros	DN 25	1 chuveiro
DN 32	3 chuveiros	DN 32	3 chuveiros	DN 32	2 chuveiros
DN 40	5 chuveiros	DN 40	5 chuveiros	DN 40	5 chuveiros
DN 50	10 chuveiros	DN 50	10 chuveiros	DN 50	8 chuveiros
DN 65	30 chuveiros	DN 65	20 chuveiros	DN 65	15 chuveiros
DN 80	60 chuveiros	DN 80	40 chuveiros	DN 80	27 chuveiros
DN 90	100 chuveiros	DN 90	65 chuveiros	DN 100	55 chuveiros
DN 100	Ver 7.3	DN 100	100 chuveiros	DN 150	150 chuveiros
		DN 125	160 chuveiros	DN 200	Ver 7.3
		DN 150	275 chuveiros		
		DN 200	Ver 7.3		

Fonte: Adaptado da NBR 10897 (2014).

2.6.2. Dimensionamento utilizando cálculos hidráulicos.

Conforme a NBR 10897 (ABNT, 2014), para fins de cálculo hidráulico e dimensionamento da reserva de água, a demanda do sistema de hidrantes deve ser adicionada ao cálculo da demanda do sistema de chuveiros. A demanda necessária deve atender ao especificado no Quadro 10, mesmo nos casos em que os sistemas de hidrantes e chuveiros automáticos sejam independentes. A demanda de chuveiros automáticos, quando projetados por cálculo hidráulico, deve ser considerada a demanda de água e de duração do Quadro 11.

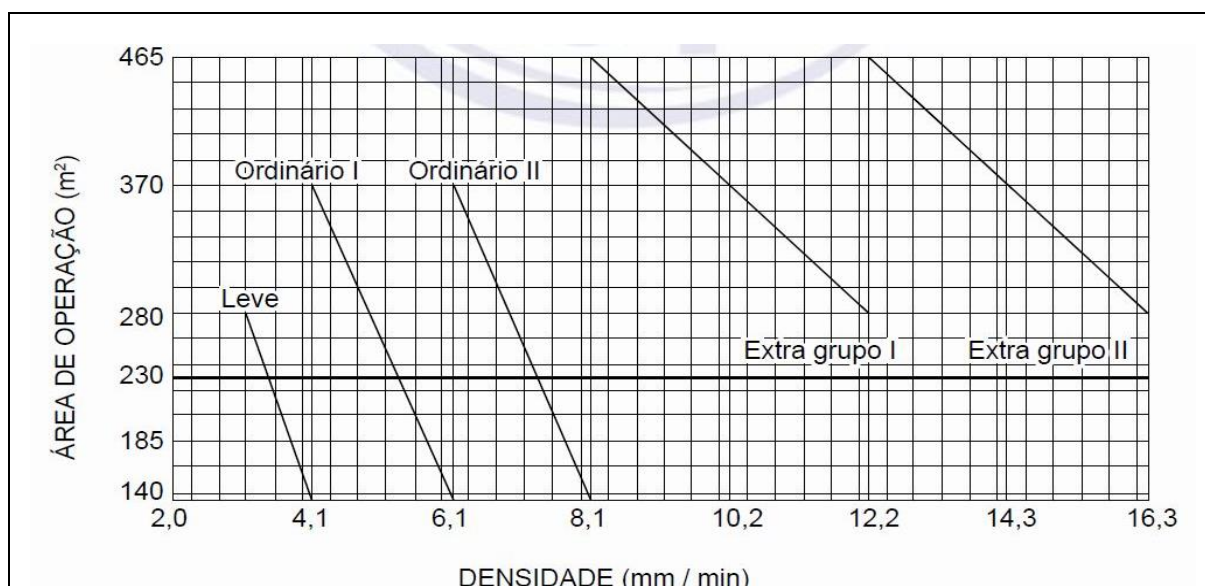
Quadro 11 - Demanda de chuveiros automáticos e duração do abastecimento de água

TIPO DE OCUPAÇÃO	DEMANDA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS L/min	Duração min
Risco leve	380	30
Risco ordinário	950	60
Risco extra ou extraordinário	1900	90
Armazenamento	Consultar NBR 13792	

Fonte: Adaptado da NBR 10897 (2014).

A demanda de água dos chuveiros automáticos pode ser calculada utilizando-se as curvas de densidade e de área como visto na Figura 8, quando for usado o método de densidade e área ou o método baseado no recinto. Os parâmetros de pressão e vazão devem ser baseados nos métodos de cálculo hidráulico.

Figura 8 - Curvas de densidade e área



Fonte: NBR 13897:2014.

2.7. Cálculo da perda de carga

A vazão mínima requerida é determinada para o chuveiro mais desfavorável multiplicando-se o valor da densidade pela área de cobertura do chuveiro. Conhecendo-se o valor da vazão, calcula-se o valor da pressão neste mesmo chuveiro, por meio da equação apresentada a seguir. Nota-se que a pressão mínima no chuveiro deve ser de 50 kPa, de acordo com a NBR 10897 (ABNT, 2014).

$$P = \frac{(10 \times Q)^2}{K}$$

Onde:

P é a pressão requerida, em kPa;

Q é a vazão requerida no chuveiro, em L/min;

K é a coeficiente de descarga do chuveiro utilizado.

Obtidas as vazões e pressões no chuveiro mais desfavorável, o cálculo da perda de carga no trecho de tubulação deve ser feito entre o chuveiro mais desfavorável e o segundo chuveiro mais desfavorável, conforme apresentado.

2.7.1. Aplicação da Equação de Hazen-Williams

A perda de carga em tubos deve preferencialmente ser determinada com base na fórmula de Hazen-Williams, apresentada a seguir. Opcionalmente, pode ser usada a Fórmula Universal de Perda de Carga.

$$J = 605 \frac{Q^{1,85}}{C^{4,85} \times D^{4,87}} \times 10^5$$

Onde,

J é a perda de carga por atrito, expressa em quilo Pascals por metro (kPa/m);

Q é a vazão, expressa em litros por minuto (L/min);

C é o fator de Hazen-Williams;

D é o diâmetro interno real, expresso em milímetros (mm).

2.7.2. Carga de velocidade

A carga de velocidade deve ser determinada com base na seguinte fórmula:

$$P_v = \frac{255 \times Q^2}{D^4}$$

Onde,

P_v é a pressão de velocidade, expressa em quilo Pascals (kPa);

Q é a vazão, expressa em litros por minuto (L/min);

D é o diâmetro interno, expresso em milímetros (mm).

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da pesquisa

Para elaboração deste trabalho de conclusão de curso, foi desenvolvido uma análise comparativa entre os modelos de cálculo hidráulico para o sistema de chuveiros automáticos. Utilizou-se uma abordagem no método normativo, que usa tabelas, e, posteriormente, realizou-se uma comparação com o método de cálculo hidráulico, de acordo com o que é fornecido pela NBR 10897 (ABNT, 2014).

Foram analisadas as vantagens de cada arranjo das estruturas de chuveiros automáticos, o dimensionamento final, o tipo de malha mais econômica e o custo final dos diferentes tipos de malhas. Esta análise teve a finalidade de estabelecer um modelo cujo custo seja o mais vantajoso e cumpra todas as prescrições normativas.

Do ponto de vista acadêmico, pode-se classificar esta pesquisa como aplicada, pois esta visou a geração de conhecimentos para aplicação prática e específica sobre os chuveiros automáticos. Quanto à abordagem, é classificada como qualitativa e quantitativa (CRESWELL, 2010).

Este estudo de caso teve um caráter exploratório, tendo em vista que proporciona uma maior familiaridade com o tema, ao envolver afinidade e levantamento bibliográfico. Além disso, como instrumentos de coleta de dados, foram utilizados pesquisa bibliográfica e pesquisa eletrônica.

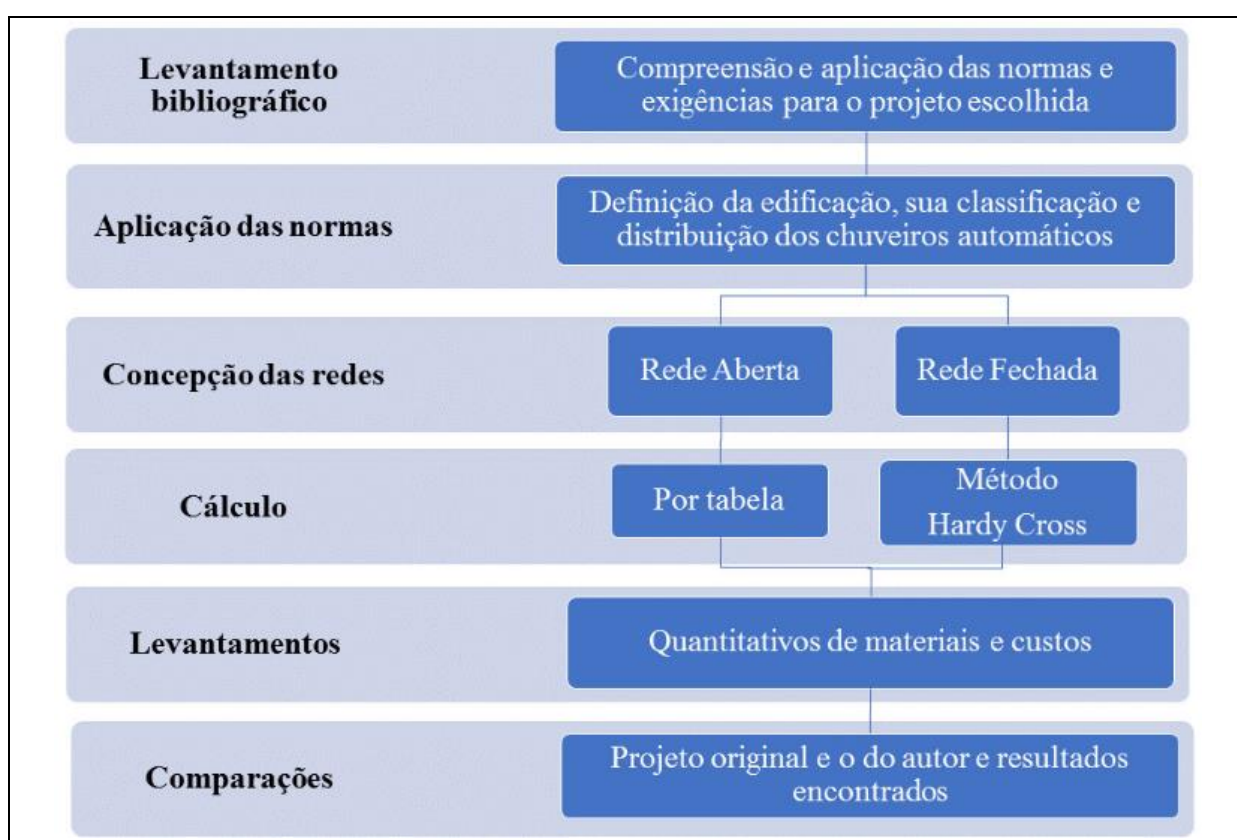
Para dimensionamento dos modelos, já inseridos na arquitetura padrão do estudo, utilizou-se o software específico (EPANET), livre e gratuito. O programa tem aplicação prática em diversas situações fornecendo dados de saídas, tais como, pressão em cada nó da rede, valores de vazão em cada trecho, cota de água em cada reservatório de nível variável, entre outros. Dessa forma, o software EPANET surge como um instrumento de auxílio para simulação e análise de sistemas de distribuição de água, deste modo é possível prever e estabelecer cenários de operação da rede, como por exemplo, verificação de pressão, de vazão e de velocidade após a modificação dos diâmetros das tubulações e do tipo de malha, o qual fora analisado no estudo desse trabalho.

Para a análise de custo de materiais, foram elaboradas tabelas com o quantitativo de cada um dos sistemas (utilizando o programa Excel) e a composição de preços da tabela de custos e insumos da Secretaria da Infraestrutura (SEINFRA), além de pesquisas de preço de mercado, para as peças não encontradas na SEINFRA. Com os resultados levantados, seguiu-

se para a fase conclusiva, ou seja, análise de preço de cada sistema. A SEINFRA foi criada pela Lei Nº 12.961 de 03 de novembro de 1999, dentro do processo de Reforma Administrativa do Governo do Estado do Ceará. A tabela de custos unificada, divulgada pela SEINFRA, dispõe os preços do custo direto (sem bdi) dos serviços de engenharia, informa as composições unitárias e fornece a relação dos insumos com os preços unitários com a finalidade de tornar público os critérios adotados na aferição dos valores dos serviços utilizados.

A sequência descrita está disposta no diagrama da Figura 9, a seguir.

Figura 9 - Diagrama do trabalho



Fonte: Autor (2020).

3.2. Descrição do objeto de estudo

O dimensionamento dos sistemas foi realizado conforme a NBR 10897 (ABNT, 2014). Para a delimitação das características propostas, a edificação não apresenta obstruções para os chuveiros, ou seja, não existiam vigas e pilares. Em todas as situações, a posição de instalação do chuveiro utilizado será em 90° em relação a tubulação.

O empreendimento analisado neste estudo de caso é um edifício comercial, localizado na rua Liberato Barroso, no Centro de Fortaleza, Ceará. O prédio possui uma área

construída total de 5.569,05m², conta 5 pavimentos e tem uma altura total de 20,50m. Pela sua classificação de risco está enquadrado com um edifício comercial, onde a sua ocupação a ser dimensionada é ordinária como C-2. O edifício em estudo possui uma carga de incêndio de até 800 MJ/m². No presente trabalho foram utilizados os dados do pavimento subsolo do empreendimento em questão, porém trata-se de um estudo hipotético, utiliza-se um projeto real, mas o resultado do estudo não será implementado no edifício.

Quanto ao tipo de acionamento, todos os bicos utilizados no projeto elaborado pelo autor foram do tipo automático, isto é, possuem um elemento sensível à temperatura, de cor vermelha, que se parte ao atingir uma temperatura determinada, com limites de 57 a 77 °C para o acionamento do chuveiro automático.

Todo o sistema é abastecido por uma cisterna que possui um volume de 114,69m³, onde 78m³ são dos chuveiros automáticos, e o líquido utilizado é água potável. As tubulações são em cobre classe “A” sem costuras, seguindo as NBR 5580 - Tubos de aço-carbono para usos comuns na condução de fluidos e NBR 5590 - tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados.

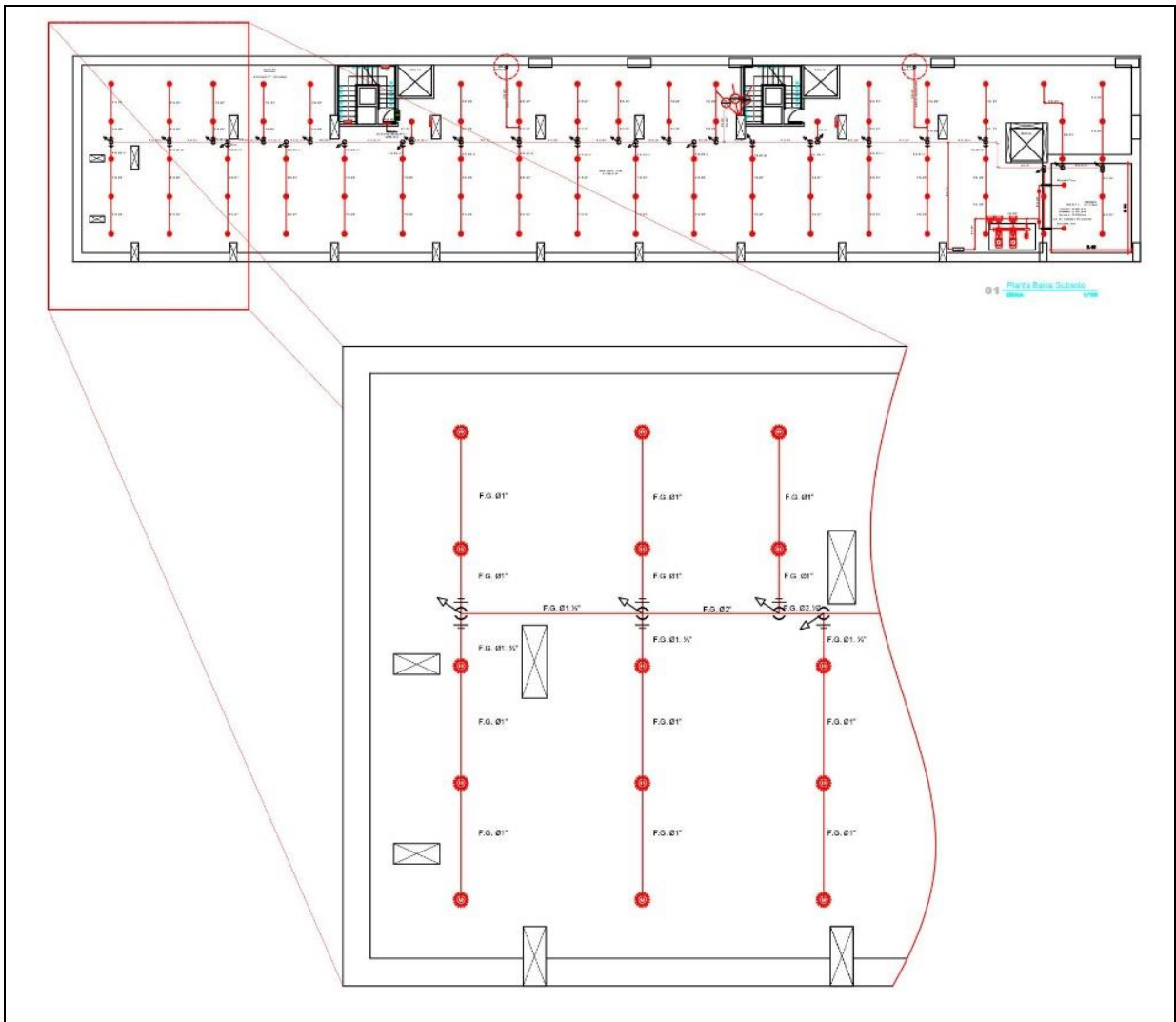
3.3. Quantificar o projeto original

No projeto original quantificou-se todos os materiais utilizados na instalação dos chuveiros automáticos do subsolo do empreendimento em questão. Em seguida, pesquisou-se os preços de cada material utilizado, com base nas tabelas da SEINFRA. Assim, ao final, chegou-se ao valor final do projeto original, a partir do qual foi feita a análise comparativa entre o projeto original e projeto elaborado pelo o autor.

3.4. Aplicar a malha de Hardy Cross

A malha disposta no projeto original estava no formato de rede aberta, como mostra a Figura 10. No Anexo A encontra-se o projeto original completo, onde estão especificados o detalhamento de cada chuveiro automático e os seus respectivos diâmetros. A malha do projeto original foi utilizada como base para o autor aplicar o método de Hardy Cross. Para tanto, foi utilizado o *software* EPANET, com o objetivo de verificar todas as pressões e diâmetros de cada chuveiro automático.

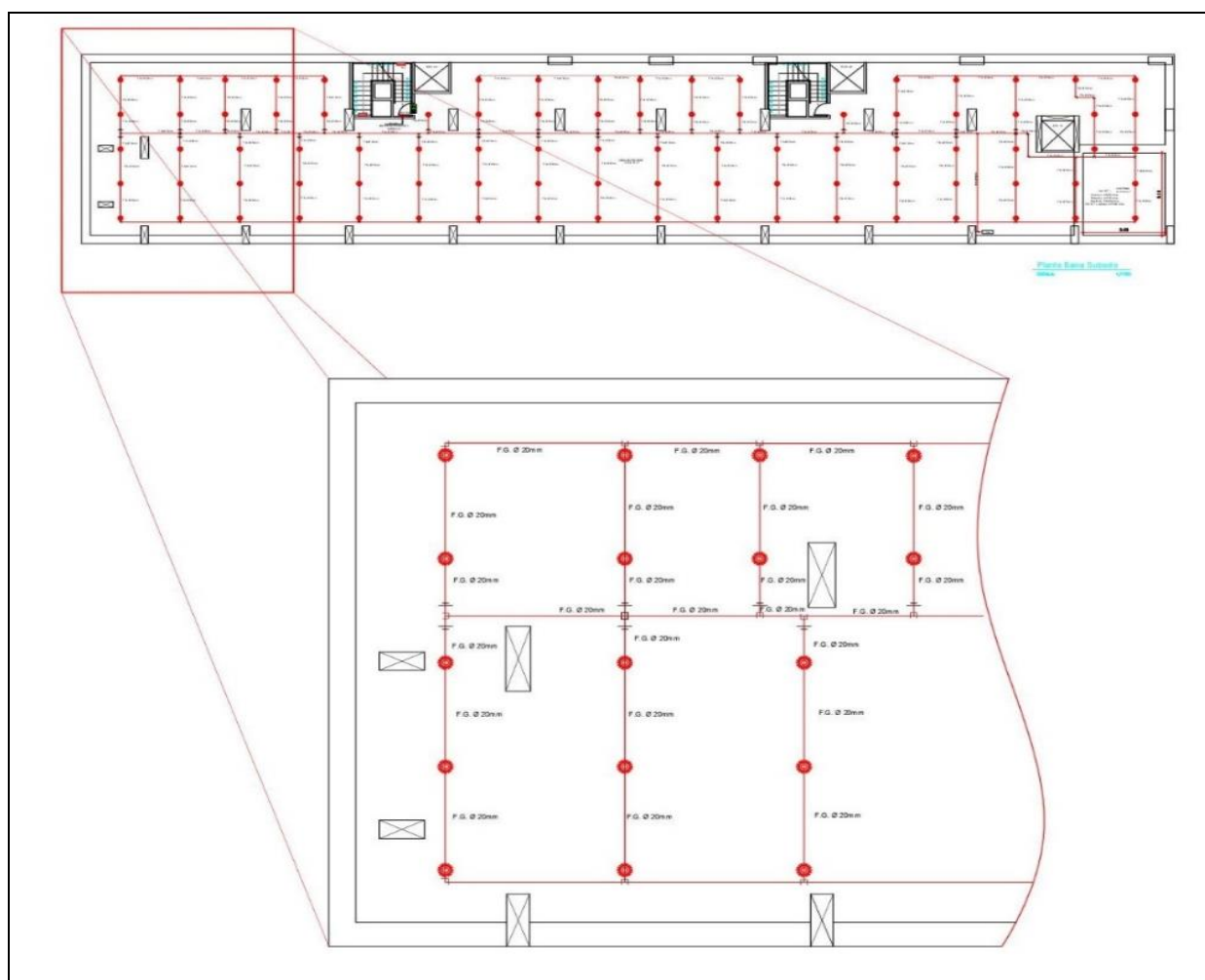
Figura 10 - Corte da planta de disposição dos chuveiros automáticos do projeto original



Fonte: Adaptado do projeto original CORDEIRO (2019).

Tendo o projeto original como base, foi utilizado no novo projeto proposto pelo autor a mesma quantidade de chuveiros automáticos. O formato da malha de Hardy Cross foi aplicado no projeto do autor, como mostra a Figura 11. Com o auxílio do EPANET, foram realizadas todas as verificações, com intuito de conferir se as pressões do projeto original e do elaborado autor seguem o que é exigido na NBR 10897 (ABNT, 2014).

Figura 11 - Corte da planta de disposição dos chuveiros automáticos do projeto original



Fonte: Adaptado do projeto original CORDEIRO (2019).

3.5. Dimensionamento da rede de Hardy Cross

Uma rede de Hardy Cross utiliza métodos que requerem resolver cálculos hidráulicos. Para fins comparativos, foi utilizado o *software* EPANET com intuito de facilitar esses cálculos. O procedimento de cálculo seguiu os seguintes passos:

1º passo: definição dos pontos de consumo. Tendo início pelo nó mais desfavorável, com intuito de descobrir e verificar se o chuveiro automático crítico contém a pressão adequada;

2º passo: conhecida a vazão nesse nó, e “caminhando de jusante para montante” na rede, atribuiu-se valores de acordo com os consumos nos ramais (em direção aos nós) e foi arbitrado um sentido horário às vazões como positivo. Realizou-se um pré-dimensionamento do diâmetro de cada canalização, tendo em consideração a condição de velocidade limite ou a perda de carga máxima admissível que é exigido em norma;

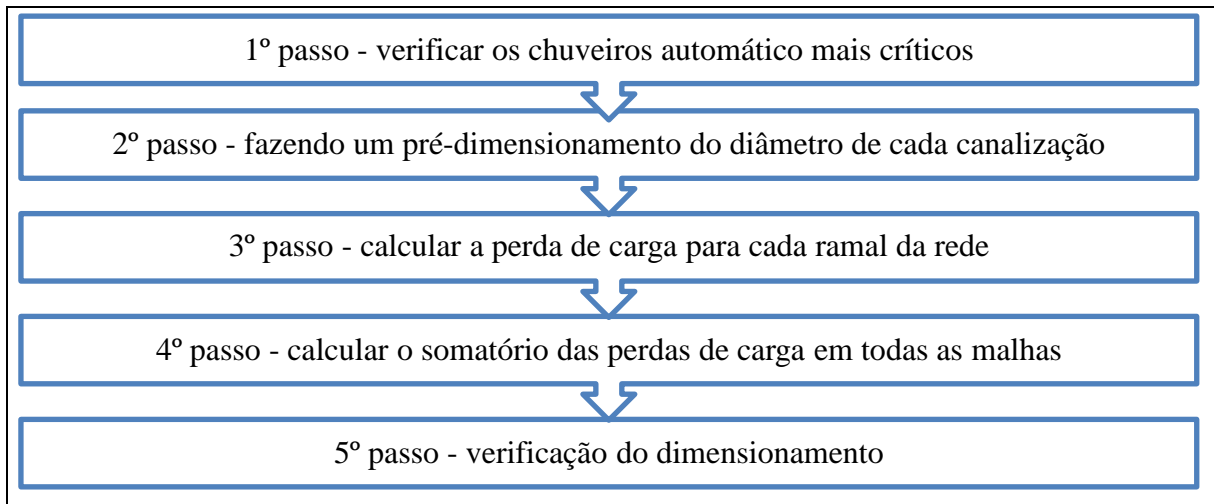
3º passo: calculou-se a perda de carga para cada ramal da rede, com auxílio do EPANET;

4º passo: calculou-se o somatório das perdas de carga em todas as malhas;

5º passo: foi verificado se para toda a malha calculada tem-se um somatório de perdas de carga da malha, inferior ao normativo, então a distribuição estabelecida está correta.

Dessa forma, a sequência descrita está disposta no diagrama da Figura 12 a seguir.

Figura 12 - Sequencia para o dimensionamento



Fonte: Autor (2020).

3.6. Quantificar o projeto proposto pelo autor

No projeto proposto pelo autor serão quantificados todos os materiais utilizados no novo arranjo da malha, utilizando a mesma quantidade de chuveiros automáticos do subsolo do projeto original. Os preços de cada material serão pesquisados, do mesmo modo, com base nas tabelas da SEINFRA. Ao final dessa etapa, obteve-se a diferença do custo inicial comparado ao custo final.

4. RESULTADOS

4.1. Rede hidráulica – Projeto Original

O projeto original seguiu o modelo de cálculo com base no método tabelado que estão estipulados na NBR 10897 conforme foi explicado anteriormente no trabalho.

4.1.1. Orçamento – Projeto Original

Ao utilizar o programa EXCEL para a quantificação e cotação dos valores em reais dos itens utilizados no projeto original, foram encontrados os valores do Quadro 12, a seguir. Este quadro contém os valores dos materiais gastos no projeto original como têes, cotovelos, cruzetas e as tubulações de aço galvanizado, com seus respectivos diâmetros. Os seguintes valores em reais, foram retirados da SEINFRA.

Quadro 12 - Orçamento do projeto original

ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QTDE	PR. UNIT.	PREÇO TOTAL	PESO
1.0	Tubulação				R\$ 13.274,87	55,02%
1.1	Tubo aço galv. (d=25mm)	M	161,82	R\$ 29,26	R\$ 4.734,72	19,62%
1.2	Tubo aço galv (d=32mm)	M	18,43	R\$ 42,28	R\$ 779,01	3,23%
1.3	Tubo aço galv. (d= 40mm)	M	6,68	R\$ 50,55	R\$ 337,83	1,40%
1.4	Tubo aço galv. (d=50mm)	M	9,94	R\$ 67,25	R\$ 668,72	2,77%
1.5	Tubo aço galv. (d=65mm)	M	19,40	R\$ 80,25	R\$ 1.556,70	6,45%
1.6	Tubo aço galv. (d=80mm)	M	7,93	R\$ 93,26	R\$ 739,92	3,07%
1.7	Tubo aço galv. (d=100mm)	M	33,51	R\$ 133,03	R\$ 4.457,98	18,48%
2.0	Conexões				R\$ 6.888,31	28,55%
2.1	Cotovelo aço galv. D= 25mm	Un	38,00	R\$ 22,50	R\$ 855,00	3,54%
2.2	Cotovelo aço galv. D= 50mm	Un	2,00	R\$ 52,64	R\$ 105,28	0,44%
2.3	Cruzeta em aço galv. D=32mm à 50mm	Un	1,00	R\$ 67,06	R\$ 67,06	0,28%
2.4	Cruzeta em aço galv. D=65mm à 80mm	Un	6,00	R\$ 128,66	R\$ 771,96	3,20%
2.5	Tê aço galv. D= 25mm	Un	36,00	R\$ 28,67	R\$ 1.032,12	4,28%
2.6	Tê red. Aço galv. D= 32x15mm à 50x40mm	Un	21,00	R\$ 51,07	R\$ 1.072,47	4,44%
2.7	Tê red. Aço galv. D= 65x25mm à 80x65mm	Un	7,00	R\$ 109,07	R\$ 763,49	3,16%
2.8	Tê red. Aço galv. D=100x50 à 100x80mm	Un	9,00	R\$ 246,77	R\$ 2.220,93	9,20%
3.0	Dispositivos				R\$ 3.964,40	16,43%
3.1	Sprinklers em bronze (instalado)	Un	88,00	R\$ 45,05	R\$ 3.964,40	16,43%
TOTAL ORÇAMENTO					R\$ 24.127,58	100,00%

Fonte: Autor (2020).

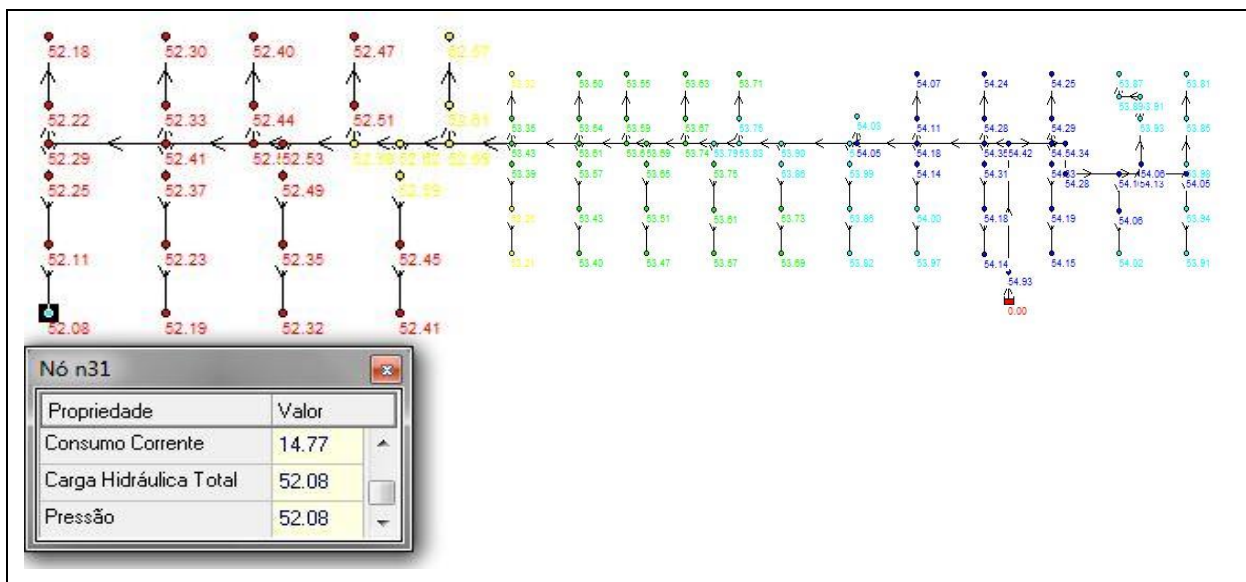
4.2. Dimensionamento da rede hidráulica – Método de Hardy Cross

Primeiramente, a malha do projeto original foi analisada e reestruturada. Foi realizada uma substituição da malha já existente, de tipo aberta, por uma malha do tipo fechada (malhada).

Em seguida, aplicou-se o programa EPANET, para facilitar o descobrimento da malha mais adequada, cujo o principal ponto está na disposição dos diâmetros da nova malha, para que estes atendam todos os requisitos que a NBR 10897 solicita.

No início do estudo, colocou-se o projeto original no programa EPANET, para verificar a pressão no chuveiro automático mais desfavorável, como mostra a Figura 13 (com mais detalhes em Anexo B). Como mencionado anteriormente, o local de estudo está na classe de risco ordinária 2, logo, ficou determinado que a vazão de saída da tubulação deve ser de 1.300 litros por minuto. E, assim, foi adotada a pressão de saída da tubulação de 55 metros de coluna d'água (m.c.a). Dado retirado do projeto original, que utiliza bombas para pressurizar todo o sistema. Além disso, foi considerado que todos os chuveiros estavam ligados simultaneamente. Assim, cada chuveiro analisado tem o consumo de 14,77 litros. Para obter os dados inseridos no programa, utilizaram-se a NBR 10897 (ABNT, 2014).

Figura 13 - Malha de estudo com dados do EPANET



Fonte: Extraído do EPANET pelo Autor (2020).

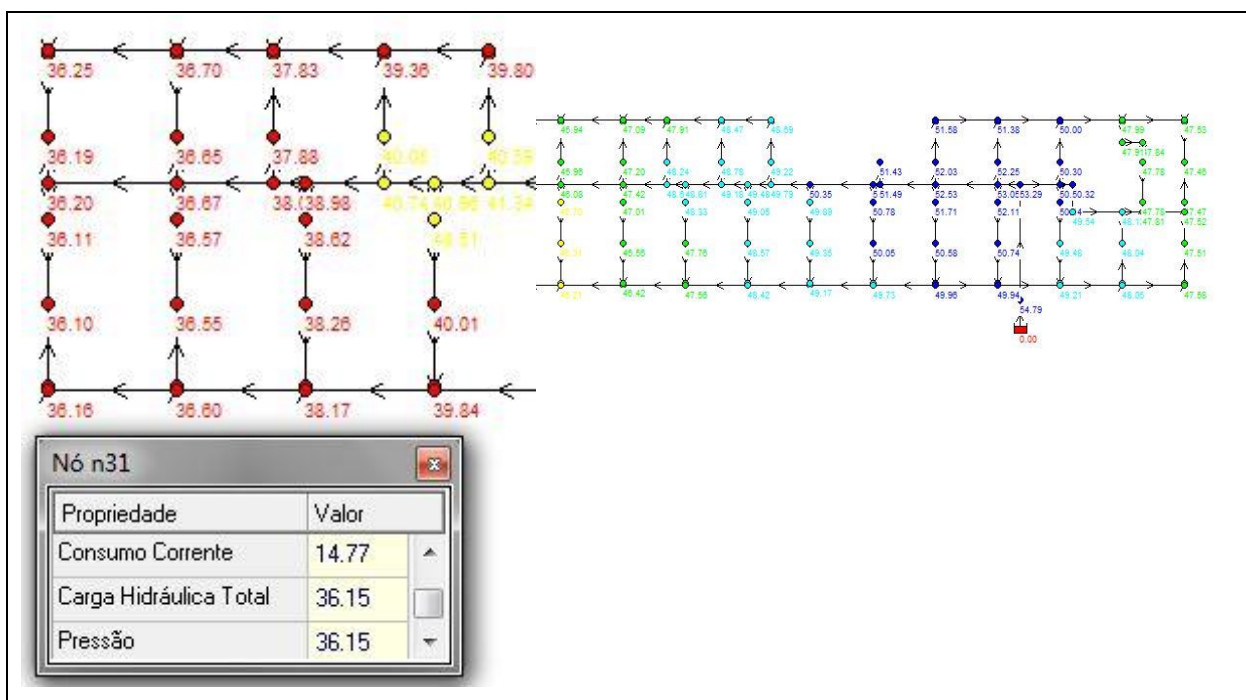
Dessa forma, notou-se que a pressão de 55 m.c.a caiu para 52,08 m.c.a, logo, o método que se utilizou as tabelas da norma NBR 10897 trabalha com uma margem de segurança super estimada. A NBR 10897 (ABNT, 2014) expõem que se faz necessária uma pressão de no mínimo 48 kPa no chuveiro mais desfavorável, requisito atendido em ambos projetos de estudo.

Posteriormente, com base nas informações citadas, foi disposta uma nova malha, proposta pelo autor, que obedece aos mesmos critérios abordados na norma NBR 10897, o que foi apresentado na Figura 14 (e com mais detalhes em anexo C).

A partir da utilização do *software* EPANET, foram realizadas simulações com diversas combinações de diâmetros das tubulações, com intuito de obter a pressão mínima na saída dos chuveiros automáticos, que foi estabelecida de 110 kPa ou 11 m.c.a (Quadro 9). Ao verificar que o chuveiro mais desfavorável possuía essa condição, realizou-se uma análise da velocidade das tubulações. Verificou-se que a velocidade da água nas tubulações estava superior a 11 metros por segundo. A NBR 13714 (ABNT, 2000) preconiza que a velocidade máxima da água na tubulação não deve ser superior a 5 metros por segundo. Por isso, os diâmetros das tubulações foram reorganizados, e passaram a obedecer a esse critério.

A partir do novo arranjo da estrutura do projeto, encontrou-se uma pressão nas saídas dos chuveiros de 36,16 m.c.a e uma velocidade máxima de 4,9 metros por segundo, assim, os requisitos mínimos foram atendidos. A Figura 14 mostra a pressão final do projeto proposto pelo autor. De modo que, este projeto obedece aos requisitos da NBR 10897. Além disso, obedeceu-se também aos limites de velocidade máximas da água nas tubulações, estabelecida pela NBR 13714 (ABNT, 2000). Portanto, conseguiram reduzir o diâmetro das tubulações principais por tubulações menores, mantendo os mesmos critérios estabelecidos pelo projeto original.

Figura 14 - Malha proposta pelo Autor com dados do EPANET



Fonte: Extraído do EPANET pelo Autor (2020).

4.2.1. Orçamento – Projeto Original

No projeto proposto pelo autor, acrescentaram-se à nova malha uma maior metragem de tubulações. Em contra partida, foi diminuído os diâmetros do ramal principal e de todo o resto da estrutura. O Quadro 13, mostra detalhadamente os comprimentos e quantidades das tubulações que foram retiradas do projeto desenvolvido pelo autor e seus respectivos valores em reais retirados da SEINFRA.

Quadro 13 - Orçamento do projeto proposto pelo autor

ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QTDE	PR. UNIT.	PREÇO TOTAL	PESO
1.0	Tubulação				R\$ 11.750,98	56,67%
1.1	Tubo aço galv. (D=20mm)	M	315,49	R\$ 23,79	R\$ 7.505,62	36,20%
1.2	Tubo aço galv. (D=25mm)	M	4,98	R\$ 29,26	R\$ 145,77	0,70%
1.3	Tubo aço galv. (D= 40mm)	M	10,09	R\$ 50,55	R\$ 510,29	2,46%
1.4	Tubo aço galv. (D=50mm)	M	14,07	R\$ 67,25	R\$ 946,01	4,56%
1.5	Tubo aço galv. (D=65mm)	M	17,05	R\$ 80,25	R\$ 1.367,87	6,60%
1.6	Tubo aço galv. (D=80mm)	M	13,68	R\$ 93,26	R\$ 1.275,42	6,15%
2.0	Conexões				R\$ 5.019,51	24,21%
2.1	Cotovelo aço galv. D= 20mm	Un	14,00	R\$ 19,85	R\$ 277,90	1,34%
2.2	Cruzeta em aço galv. D=15mm à 25mm	Un	2,00	R\$ 48,53	R\$ 97,06	0,47%
2.3	Cruzeta em aço galv. D=32mm à 50mm	Un	3,00	R\$ 67,06	R\$ 201,18	0,97%
2.4	Cruzeta em aço galv. D=65mm à 80mm	Un	2,00	R\$ 128,66	R\$ 257,32	1,24%
2.5	Tê aço galv. D= 20mm	Un	119,00	R\$ 24,14	R\$ 2.872,66	13,85%
2.6	Tê redução aço galv. D= 20x15mm à 25x20mm	Un	1,00	R\$ 25,34	R\$ 25,34	0,12%
2.7	Tê redução aço galv. D= 32x15mm à 50x40mm	Un	6,00	R\$ 51,07	R\$ 306,42	1,48%
2.8	Tê redução aço galv. D= 65x25mm à 80x65mm	Un	9,00	R\$ 109,07	R\$ 981,63	4,73%
3.0	Dispositivos				R\$ 3.964,40	19,12%
3.1	Sprinklers em bronze (instalado)	Un	88,00	R\$ 45,05	R\$ 3.964,40	19,12%
TOTAL ORÇAMENTO					R\$ 20.734,89	100,00%

Fonte: Autor (2020).

4.3. Comparativo entre projetos

Neste estudo, pode-se verificar que existe uma diferença no tipo de malha utilizada entre o projeto original e o projeto proposto pelo autor, malha aberta e malha fechada respectivamente. Com isso foi necessária uma abordagem de cálculo diferente, no qual se utilizou cálculos hidráulicos.

Os dois projetos descritos nesse estudo estão de acordo com a NBR 10897, onde expõem as formas de utilização dos chuveiros utilizados. Foi utilizado a mesma quantidade de chuveiros automáticos nos dois projetos de estudo, afim de analisar outros parâmetros.

Notou-se que o projeto proposto pelo autor obteve 117 metros a mais de tubulação do que o projeto original. Além de ter utilizado tubulações com diâmetros menores. No estudo foi verificado que o fator velocidade foi um limitante no dimensionamento do projeto proposto pelo autor, pois à medida que se diminuía a pressão, a velocidade aumentava e ela não poderia exceder o preconizado pela norma NBR 10897.

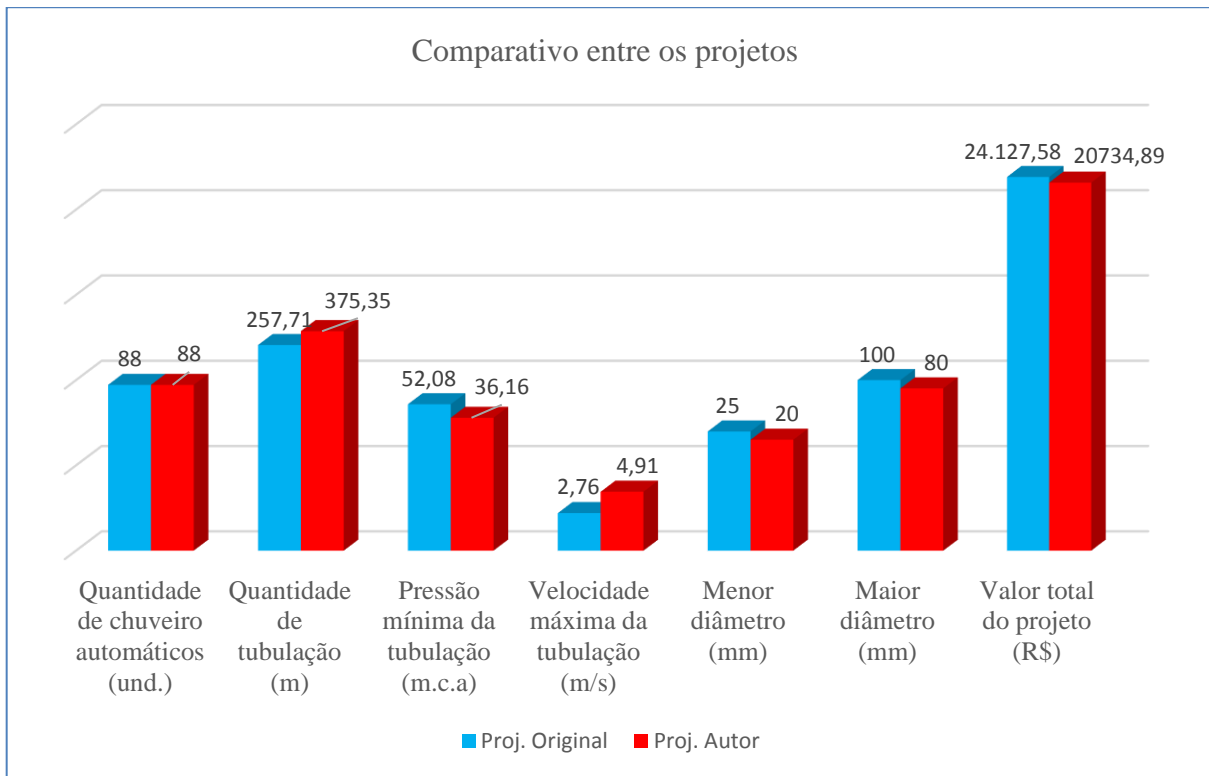
A partir do estudo realizado, pode-se verificar que existe uma diferença no custo final da malha proposta pelo autor, cerca de 14% mais econômica, se comparada com a malha do projeto original. Existe uma diferença de mais de 3 mil reais entre o projeto original e o projeto reestruturado pelo autor.

Quadro 14 - Comparativo entre os projetos

Comparativo	Unidade	Proj. Original	Proj. Autor
Tipo da malha	-	Aberto	Fechado
Tipo do cálculo utilizado	-	Tabelo	Hidráulico
Seguindo a NBR 10879	-	Sim	Sim
Quantidade de chuveiro automáticos	und.	88	88
Quantidade de tubulação	m	257,71	375,35
Pressão mínima da tubulação	m.c.a	52,08	36,16
Velocidade máxima da tubulação	m/s	2,76	4,91
Menor diâmetro	mm	25	20
Maior diâmetro	mm	100	80
Valor total do projeto	R\$	24.127,58	20.734,89

Fonte: Autor (2020).

Figura 15 - Comparativos entres os projetos



5. CONCLUSÃO

O engenheiro civil deve estar preparado para adequar à execução de projetos, o dimensionamento desses sistemas de proteção contra incêndio, dentro dos parâmetros técnicos previstos nas legislações pertinentes das entidades responsáveis. Dominar as formas de dimensionamento de um sistema preventivo a incêndios é parte integrante deste trabalho, e deve ser objetivo de todo profissional que atua na área da Engenharia Civil.

Neste trabalho foram descritos alguns parâmetros básicos para o dimensionamento do cálculo hidráulico dos sistemas de prevenção a incêndio, como a complexidade do sistema, bem como a diversidade de ocupações existentes e outros parâmetros, que devem ser considerados no projeto para proteção das edificações.

Neste estudo, buscou-se a construção de uma estrutura de dimensionamento voltada para a diminuição dos custos finais e para a manutenção das condições normativas empregadas no sistema de proteção contra incêndio que utilizam os chuveiros automáticos.

A composição do dimensionamento dos chuveiros automáticos abordando o método de Hardy Cross como objeto da pesquisa requereu uma experimentação para viabilizar a análise, e, para isso, utilizou-se um exemplo de projeto, que continha os chuveiros automáticos como sistema de prevenção de incêndio. Quando foi utilizado o projeto original, buscou-se uma solução mais viável economicamente, alcançada através do modelo proposto pelo autor.

Após a modelagem e simulação do projeto do autor, chegamos à diminuição dos diâmetros das tubulações do projeto original utilizado no estudo. Além de notar que a diminuição desses diâmetros vai facilitar o manuseio e o armazenamento na execução do projeto.

Após a análise comparativa dos custos dos projetos estudados, notou-se que no projeto proposto pelo autor obteve-se um aumento de 45% de tubulações do que no projeto original. Em contra partida notou-se uma redução significativa dos diâmetros das tubulações. Logo, obteve-se uma redução de 14% no orçamento final. O projeto proposto pelo autor, teve um melhor custo-benefício final, e obedeceu aos parâmetros que estão inseridos na NBR 10897 (ABNT, 2014).

Por fim, pode-se afirmar que a aplicação do método de Hardy Cross no projeto original, resultou no projeto proposto pelo autor uma redução viável no custo final do projeto. Portanto, concluiu-se que o método de Hardy Cross, de malha fechada, é o mais eficiente na afinação dos valores finais das estruturas projetadas.

Com a intenção de aprimorar os conhecimentos iniciados neste trabalho sugerem-se os seguintes temas para pesquisas futuras: comparação das diferentes concepção de rede utilizando softwares como Epanet, Cype Incêndio, Hydros ou outros que o mercado oferece, estudo da quantidade de chuveiros automáticos necessários para combater diversos tipos de foco de incêndio e levantamento e comparativo de custo de todos os componentes constituintes do sistema estudado, por exemplos..

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10897**: Sistemas de proteção contra incêndios por chuveiros automáticos – Requisitos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014. 142 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13714**: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000. 25 p.
- BRASIL. Lucas Frates Simiano. Defesa Civil do Paraná. **MANUAL DE PREVENÇÃO E COMBATE A PRINCÍPIOS DE INCÊNDIO**. 6. ed. Curitiba: Secretaria da Educação do Paraná, 2013. 20 p. (Curso de Formação de Brigadistas Escolares). Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2015/cursobrigada/modulo6_combateincendios.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Manoel Altivo da Luz Neto. **CONDIÇÕES DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**. Brasília: Ministério da Saúde, 1995. 107 p. (Saúde & Tecnologia). Disponível em: <<http://anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/incendio.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2020.
- BRENTANO, Telmo. **A proteção contra incêndios no projeto de edificações**. 3. ed. Porto Alegre: Edição do Autor, 2015. 640 p.
- BENTES, Luiz Arthur veiga batista. **Estudo comparativo entre metodologias de dimensionamento de redes de sistemas de chuveiros automáticos do tipo sprinkler**. 2016. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/ESTUDO_COMPARATIVO_ENTRE_METODOLOGIAS_DE_DIMENSIONAMENTO_DE_REDES_DE_SISTEMAS_DE_CHUVEIROS_AUTOM%C3%81TICOS_DO_TIPO_SPRINKLER.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2020.
- CARNEIRO, Gerson Luiz. **Engenheiros são peças-chave no trabalho de prevenção a incêndios em edificações**. 2019. Disponível em: <<https://www.creapr.org.br/ws/arquivos/21766>>. Acesso em: 05 jan. 2020.
- CORDEIRO, Allison dos Santos. **Prevenção e combate à incêndio**: Planta baixa do subsolo. 8 p. 2019.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO CEARÁ. . **NORMA TÉCNICA N.O 001/2008**: PROCEDIMENTO ADMINISTRATIVO. 2010. 55 p. Disponível em: <<https://www.cepi.cb.ce.gov.br/download/normas-tecnicas-vigentes/>>. Acesso em: 05 jan. 2020.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO CEARÁ. **NORMA TÉCNICA N.O 015**: SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS. Fortaleza: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará, 2008. 4 p. Disponível em: < <https://www.cepi.cb.ce.gov.br/download/normas-tecnicas-vigentes/>>. Acesso em: 07 abr. 2020.
- CRESWELL, John W.. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Artmed, 2010. 296 p.

Rossman, Lewis A. **EPANET: Manual do Usuário**. Paraíba, 2009. Disponível em: http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/epanet/manual_do_epanet_brasil.pdf. Acesso em: 1 jan. 2020.

GUIMARÃES, Mariele Ribeiro. **Instalação e dimensionamento de sprinklers**. Um roteiro para a análise de projetos. São Paulo: Instituto Sprinkler Brasil, 2017. 113 p.

JORDÃO, Fernando. **Relembre 10 incêndios que marcaram a história do Brasil**. 2019. Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/02/08/internabril,736353/relembre-dez-incendios-que-marcaram-a-historia-do-brasil.shtml>>. Acesso em: 05 jan. 2020.

MAGNUS, Marcel Busin. **ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO: aplicação e verificação do método frame e possíveis medidas compensatórias em um ambiente escolar**. 2019. 110 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/200185>. Acesso em: 06 abr. 2020.

NASCIMENTO, Erick Verissimo; SILVA, Letícia Gabriela de Sousa. **CRIAÇÃO DE SOFTWARE PARA CÁLCULO DE SISTEMA DE COMBATE AO INCÊNDIO EM EDÍFÍCIOS RESIDENCIAIS PARA REGIÃO DE GOIÁS**. 2017. 188 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Anápolis, 2017. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/bitstream/aee/37/1/2017_TCC_Erick_E_Let%C3%ADcia.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2020.

ONO, Rosaria. Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p.93-113, 25 jan. 2007.

PACKER, Angelo Diego. **Análise para a redução de custos em sistemas de sprinklers**. São Paulo: Instituto Sprinkler Brasil, 2018. 122 p. Disponível em: <<https://sprinklerbrasil.org.br/biblioteca-item/analise-para-a-reducao-de-custos-em-sistemas-de-sprinklers/>>. Acesso em: 08 fev. 2020.

ROTER, Jonas Pachciarek; VIANA, Bráulio. **Chuveiros automáticos (sprinklers)**. 2014. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/certificacao/nat/artigos-tecnicos/5278-chuveiros-automaticos-sprinklers>>. Acesso em: 08 fev. 2020.

SEITO, Alexandre Itiu et al. **A Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. 484 p. Disponível em: <http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br/portalc/_publicacoes/books/aseguranca_contra_incendio_no_brasil.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

SILVA FILHO, Luiz Carlos Pinto da. **Boate Kiss: relatório do CREA aponta erros e faz recomendações**. Relatório do Crea aponta erros e faz recomendações. 2013. Disponível em: <http://www.crea-rs.org.br/site/index.php?p=ver-noticia&id=441>. Acesso em: 06 abr. 2020.

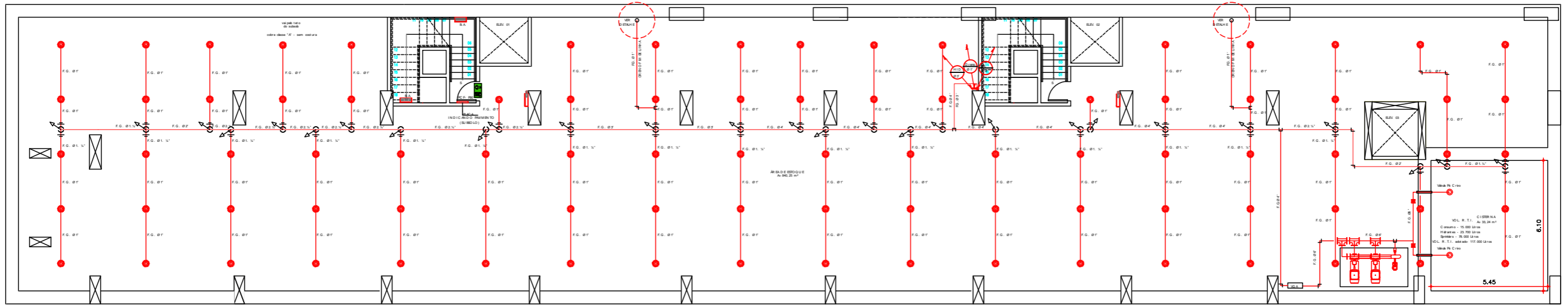
SILVA, Ricardo Jorge Vaz da. **DIMENSIONAMENTO DE REDES DE SPRINKLERS**. 2012. Disponível em: <<https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/69314/1/000155125.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2020.

VIANA, Braulio das Mercês Gonçalves. **Apresentação e análise da Nova Norma ABNT-NB 16400:2015**: enfim uma sólida base técnica para construção de um mercado confiável. São Paulo: Instituto Sprinkler Brasil, 2018. 134 p. Disponível em: <<https://sprinklerbrasil.org.br/biblioteca-item/apresentacao-e-analise-da-nova-norma-abnt/>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

VIVIAN, Nelson Ernani Santos. **PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO**. Porto Alegre: Escola de Gestão Pública, 2016. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/sma/usu_doc/rt_14_prevencao_e_combate_a_incendio_apostila_atualizada.pdf. Acesso em: 08 abr. 2020.

ANEXO

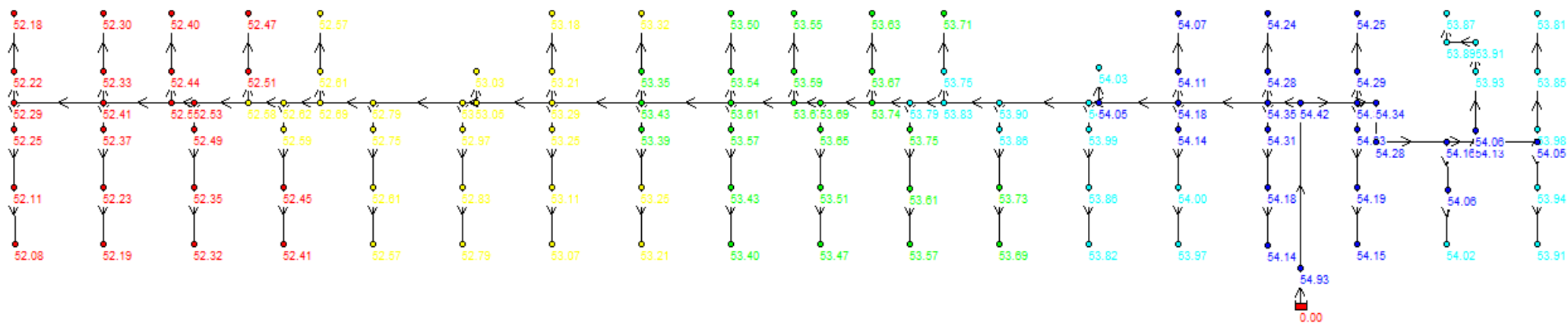
Anexo A - Planta baixa do projeto de estudo (original.)



01 PLANTA BAIXA SUBSOLO - ORIGINAL
ESCALA 1/500

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Pressão do projeto original, pelo EPANET



APÊNDICE 2 - Pressão do projeto sugerida pelo autor, pelo EPANET

