



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PEDRO VICTOR NEVES FERREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS ESPECIFICAÇÕES PARA CHUVEIROS  
AUTOMÁTICOS ESTABELECIDAS PELA NBR 13792:1997 E PELA NFPA 13:2016  
PARA ÁREAS DE ARMAZENAMENTO**

Recife

2019

PEDRO VICTOR NEVES FERREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS ESPECIFICAÇÕES PARA CHUVEIROS  
AUTOMÁTICOS ESTABELECIDAS PELA NBR 13792:1997 E PELA NFPA 13:2016  
PARA ÁREAS DE ARMAZENAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Pernambuco, como  
requisito parcial para a obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Nunes Barbosa Filho.

Recife

2019

Catalogação na fonte  
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

F383a

Ferreira, Pedro Victor Neves.

Análise comparativa entre as especificações para chuveiros automáticos estabelecidas pela NBR 13792:1997 e pela NFPA 13:2016 para áreas de armazenamento / Pedro Victor Neves Ferreira - 2019.

67 folhas, il., gráf., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Nunes Barbosa Filho.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2019.

Inclui Referências.

1. Engenharia civil. 2. Chuveiros automáticos. 3. *Sprinkler*. 4. NBR 13792:1997. 5. NFPA 13:2016. I. Barbosa Filho, Antonio Nunes (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2020-267

PEDRO VICTOR NEVES FERREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS ESPECIFICAÇÕES PARA CHUVEIROS  
AUTOMÁTICOS ESTABELECIDAS PELA NBR 13792:1997 E PELA NFPA 13:2016  
PARA ÁREAS DE ARMAZENAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Pernambuco, como  
requisito parcial para a obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 9/10/2019.

**BANCAEXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Antonio Nunes Barbosa Filho (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Paulo Frassinete de Araújo Filho (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Diniz Fittipaldi (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

## **RESUMO**

O presente trabalho de conclusão de curso consiste numa análise comparativa entre a NBR 13792:1997, que trata sobre a proteção contra incêndio, por sistema de chuveiros automáticos, para áreas de armazenamento em geral com a norma internacional de referência no combate a incêndio por sprinkler NFPA 13:2016. Como a norma brasileira não foi modificada desde sua publicação - 22 anos atrás - é admissível pressupor sobre a possibilidade que ela esteja obsoleta. Nesse sentido, este trabalho tem como escopo apurar efetividade da norma brasileira nos dias de hoje através da comparação com uma norma de referência internacional. Para tanto foram descritos procedimento de dimensionamento especificados em ambas as normas, seguido de uma análise das omissões da norma brasileira em relação à norma internacional. Dentre as omissões encontradas, vale destacar os critérios concernentes a chuveiros de resposta rápida e de gotas grandes. No tocante a tipos de armazenagem é relevante destacar, dada à popularidade deste tipo de armazenagem, a inexistência do estabelecimento de critérios referentes ao tipo de armazenamento rack e suas especificidades, vale dizer: instalação de chuveiros internos, barreiras verticais e horizontais e “flue space”.

Palavras-chave: Chuveiros automáticos. NBR 13792:1997. NFPA 13:2016.

## ABSTRACT

This course completion paper consists of a comparative analysis between NBR 13792: 1997, which deals with fire protection, automatic shower system, general storage areas and international reference standard for NFPA sprinkler fire fighting. 13: 2016. Since a Brazilian standard has not been modified since its publication - 22 years ago - it is permissible to assume that it is obsolete. In this sense, this paper aims to apply the effectiveness of the Brazilian standard today by comparing it with an international reference standard. For both procedures, the sizing procedure is applicable in both standards, followed by an analysis of the omissions of the Brazilian standard in relation to the international standard. Among the omissions displayed, it is worth mentioning those related to quick response showers and large drops. No type of storage is relevant, given the storage value of this type, the absence of requirements related to the type of rack storage and its specificities, namely: installation of indoor showers, vertical and horizontal barriers and "storage space". combustion.

Keywords: Automatic shower. Sprinkler. NBR 13792:1997. NFPA 13:2016.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Triângulo do fogo.....	14
Figura 2 - Quadrilátero do fogo.....	15
Figura 3 - Formas de transmissão do fogo .....	16
Figura 4 - Extinguição por resfriamento. ....	17
Figura 5 - Extinguição por abafamento.....	17
Figura 6 - Extinguição por isolamento.....	18
Figura 7 - Curva de evolução do incêndio celulósico.....	19
Figura 8 - Sistema de chuveiros.....	23
Figura 9 - Componentes do sprinkler.....	26
Figura 10 - Esquema das tubulações do sistema .....	27
Figura 11 - Disposição de redes abertas.....	28
Figura 12 - Disposição de redes fechadas.....	28
Figura 13 - Bulbo de resposta padrão versus resposta rápida .....	33
Figura 14 - Sprinkler tradicional versus cobertura extendida. ....	34
Figura 15 - Armazenamento em prateleira.....	37
Figura 16 - Armazenamento em porta bins.....	38
Figura 17 - Armazenamento tipo rack. ....	38
Figura 18 - Barreira vertical no sistema rack. ....	39
Figura 19 - Curva de densidade área por classe de ocupação de risco .....	40
Figura 20 - Curvas de projeto uma altura 6,1 m temperatura nominal de 144°C .....	45
Figura 21 - Curvas de projeto uma altura 6,1 m temperatura nominal de 74°C .....	45
Figura 22 - Densidade de chuveiros automáticos versus altura de armazenamento.....	46
Figura 23 - Árvore de decisão .....	47
Figura 24 - Áreas e densidades de projeto para altura de armazenamento de 6,1 m.....	48
Figura 25 - Áreas e densidades de projeto para altura de armazenamento de 6,1 m.....	48
Figura 26 - Áreas e densidades de projeto para altura de armazenamento de 6,1 m.....	49
Figura 27 - Fator de correção das áreas inicial e secundária.....	50
Figura 28 - Porcentagem de correção das densidades de projeto. ....	50
Figura 29 - Fluxograma nbr 13.792 .....	51
Figura 30 - Fluxograma nfpa13:16 .....	56
Figura 31 - Fluxograma nfpa13:16, subprocesso 1.....	57
Figura 32 - Fluxograma nfpa13:16, subprocesso 2.....	58

Figura 33 - Fluxograma nfpa13:16, subprocesso 3.....	59
Figura 34 - Fluxograma nfpa13:16, subprocesso 5 e 6.....	60

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO .....	11
1.2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS .....	12
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>CONCEITOS BÁSICO DE INCÊNDIO .....</b>	<b>14</b>
3.1	FORMAS DE TRANSMISSÃO DO CALOR.....	16
3.2	MÉTODOS DE EXTINÇÃO DO FOGO .....	17
3.3	INCÊNDIO .....	19
3.4	CLASSE DE INCÊNDIO .....	20
3.5	ÁGUA COMO AGENTE EXTINTOR .....	21
<b>4</b>	<b>SISTEMAS DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS .....</b>	<b>23</b>
4.1	BREVE HISTÓRICO.....	24
4.2	COMPONENTES DO SISTEMA.....	25
<b>4.2.1</b>	<b>Chuveiro automático.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Rede hidráulica ou rede de tubulação .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Disposição da rede hidráulica .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Sistema controle e alarme .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Sistema de bombas .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Reservatório.....</b>	<b>29</b>
4.3	TIPOS DE SISTEMA.....	29
<b>4.3.1</b>	<b>Sistema de tubo molhado (Wetpipe) .....</b>	<b>29</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Sistema de tubo seco (Drypipe).....</b>	<b>30</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Sistema de pré-ação (Pre-Action) .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Sistema de dilúvio (Deluge) .....</b>	<b>32</b>
4.4	CLASSIFICAÇÃO.....	32
<b>4.4.1</b>	<b>Quanto à velocidade .....</b>	<b>32</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Quanto à orientação .....</b>	<b>33</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Quanto à forma de operação.....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>DIMENSIONAMENTO.....</b>	<b>35</b>
5.1	CLASSIFICAÇÃO DA MERCADORIA.....	36
5.2	FORMAS DE ARMAZENAMENTO.....	37
5.3	OUTROS FATORES QUE INFLUENCIAM NO DIMENSIONAMENTO .....	38

5.4	DIMENSIONAMENTO MÉTODO HIDRÁULICO DENSIDADE/ÁREA .....	40
<b>6</b>	<b> DESCRIÇÃO DA NBR 13.792:1997 E DA NFPA 13:16 .....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>ANÁLISE .....</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>65</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os avanços relativos às normas de segurança contra incêndio no Brasil, assim como em outros países, ocorreram, sobretudo, após uma sucessão de eventos ligados ao tema. A partir da década de 70, após tragédias ocorridas como no edifício Joelma, que gerou cento e oitenta e sete mortos, foram implementadas melhorias importantes na área de segurança contra incêndio no Brasil. Esse progresso deu-se com a participação de todos os profissionais ligados a área de incêndio – técnicos, legisladores, avaliadores, brigadistas – e trouxe como resultados: o primeiro Simpósio de Segurança Contra Incêndio, realizado pela Comissão Especial de Poluição Ambiental na Câmara dos Deputados – em 1974 –, a edição da Norma Regulamentadora 23 (NR-23) – Proteção Contra Incêndios – em 1978.

Mais tarde, consubstanciadas em aprendizado obtido ao longo dos anos, foi possível ela elaboração das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT - referentes ao assunto e a criação de diversos códigos estaduais. Contudo, a despeito dos avanços na área, a demanda por novos materiais e técnicas construtivas exigem constantes estudos por parte da comunidade acadêmica e a requalificação dos profissionais envolvidos. Em outras palavras, para que seja possível alcançar o estado da arte na segurança contra incêndio, será sempre necessária à avaliação periódica das normas vigentes, testes de novos materiais, e a atualização constante da bibliografia, bem como as revisões de projetos.

Dentre as revisões constantes que precisam ser efetuadas no âmbito do estudo de combate a incêndio, vale destacar os estudos sobre chuveiros automáticos. No Brasil, os estudos nesta área vêm avançando com o surgimento de entidades criadas com a proposta de realizar estudos e divulgação sobre o uso deste sistema, como a ABSpk – Associação Brasileira de Sprinkler e o ISB – Instituto Sprinkler Brasil. Contudo, apesar dos avanços, ainda há uma demanda de atualização normativa no Brasil sobre chuveiros automáticos no que concerne a sua instalação em depósitos, pois os depósitos estão cada vez maiores e com o pé direito e pilhas cada vez mais altos. Ademais muitos materiais utilizam plástico em suas embalagens ou necessitam de cuidados redobrados como no caso de armazenamento de pneus. Portanto, nesse contexto de estudo periódico com o objetivo de adequação de normas a novos critérios, surge a necessidade de avaliar a efetividade da norma brasileira relativa a chuveiros automáticos em depósitos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Ainda que os depósitos apresentem um fluxo de pessoas reduzido, faz-se necessário uma atenção especial para sistemas de proteção contra incêndio nos mesmos, na medida em que, via de regra, o fogo apresenta uma propagação rápida nesses casos. Isso ocorre devido a vários critérios específicos para estas edificações, tais como: layout do empilhamento ou das prateleiras, tipo de mercadoria ou material, tipo de embalagem e peso. Assim sendo, é fundamental que existam normas próprias para este tipo de construção. No entanto, apesar da existência de normas, dado o fato de que os sistemas de armazenamentos estejam sempre evoluindo, surge a necessidade da observância do alcance da norma quanto a essas inovações.

A norma que aborda tais aspectos no Brasil é a NBR 13792:1997 juntamente com as legislações estaduais, sendo essas últimas de observância obrigatória, enquanto a primeira, pelo fato de ser uma norma técnica, não possui caráter impositivo do ponto de vista legal, salvo se explicitamente citada por lei. Diante disso, poder-se-ia afirmar erroneamente que a atualização da NBR 13792 não seria relevante, dado o seu caráter não vinculante. Porém, na prática, a NBR serve como base para as legislações. Além disso, a maioria dessas legislações não fornecem os parâmetros suficientes para que um sistema de chuveiros automáticos seja elaborado. Portanto, é fundamental que as NBRs na área de combate a incêndio estejam atualizadas.

Uma forma de avaliar se uma norma está ou não atualizada é através de uma comparação entre a norma referida e uma norma de referência. Na área de combate a incêndio por chuveiros automáticos, dentre as normas que se destacam, a norma elaborada pela National Fire Protection Association – NFPA13 - que trata sobre chuveiros automáticos, em geral, e nas áreas de depósitos, é referência internacional sobre o assunto, sendo muitas vezes utilizada subsidiariamente no Brasil, pois há permissão, segundo a NR 23, de utilização de normas não nacionais.

Isto posto, é relevante a realização de uma análise comparativa entre a norma brasileira de chuveiros automáticos e a norma internacional, dada a relevância da NBR 13792 como base para as legislações estaduais e o fato dela estar possivelmente obsoleta, uma vez que desde sua criação, em 1997, ainda não recebeu atualizações.

## 1.2 OBJETIVOS GERAIS E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho tem como objetivo geral comparar as especificações de projeto para chuveiros automáticos em depósitos estabelecidas pela NBR 13792:1997 com definidas pelas NFPA 13:2016, que é uma norma internacional tomada como referência por profissionais da área. Especificamente os objetivos serão os seguintes:

- a) Revisar a metodologia de cálculo da NBR 13792:1997.
- b) Revisar a metodologia de cálculo da NFPA 13:2016 no que se refere a áreas de armazenamento, previstos nos seus capítulos 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19.
- c) Identificar convergências e divergências entre as normas referidas.
- d) Identificar eventuais oportunidades e melhorias da NBR 13792 em relação à NFPA 13:2016.

## 2 METODOLOGIA

Para realizar a avaliação da norma foi preciso, inicialmente, executar uma revisão bibliográfica. Sendo assim, ao longo deste trabalho, são mencionados conceitos relevantes para os aspectos básicos de combate a incêndio, dispostos no capítulo 3, os sistemas de chuveiros automáticos, no capítulo 4, e o seu dimensionamento, bem como e questões particulares para o dimensionamento de chuveiros automáticos em depósitos, ambos no capítulo 5.

No que se refere à comparação das normas – capítulo 6 - das normas, o processo foi desenvolvido nas 7 etapas apresentadas a seguir:

- a) Revisar o procedimento de cálculo e as especificações para mercadorias classe I a IV definido na NBR 13792:1997.
- b) Revisar o procedimento de cálculo e as especificações para mercadorias com plástico ou borracha definido na NBR 13792:1997.
- c) Descrever as especificações para chuveiros automáticos CMSA e ESFR
- d) Descrever o procedimento de cálculo e as especificações para mercadorias classe I a IV estabelecido pela NFPA 13:2016.
- e) Descrever o procedimento de cálculo e as especificações para mercadorias classe I a IV com borracha.
- f) Descrever o procedimento para sprinkler porta palete segundo a NFPA 13:2016.
- g) Finalmente, no capítulo 7, após a descrição de ambas expor eventuais omissões que tornam a NBR 13792:1997 obsoleta em relação à NFPA 13:16.

### 3 CONCEITOS BÁSICO DE INCÊNDIO

Fogo é um processo químico de transformação, isto é, define-se como sendo o resultado de uma reação química, que desprende luz e calor devido à combustão de materiais diversos.

Figura 1-Triângulo do fogo



Fonte: Flores *et al.*, 2016.

Para realizar a prevenção de incêndio adequada é preciso observar o fogo sob todos os seus aspectos: processo de constituição, causas, efeitos e combate. Dessa forma para que ocorra a combustão faz-se necessário a presença dos elementos que compõem o fogo, quais sejam, combustível, comburente e calor, os quais devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha.

O combustível é toda substância capaz de queimar e alimentar a combustão, isto é, serve como campo para sua propagação. Os combustíveis podem ser líquidos, sólidos e gasosos, sendo necessário que os sólidos e os líquidos sejam principalmente transformados em gases pela ação do calor, para que, combinado com o comburente formem uma substância inflamável.

Quanto ao comburente, trata-se do elemento que ativa e da vida à combustão, possibilitando assim a expansão do fogo, quando combinado com os vapores inflamáveis dos combustíveis. O oxigênio é o mais comum deles, pois está presente no ar atmosférico numa porcentagem de 21%, tão logo, se o mesmo estiver numa porcentagem inferior a 16%, consequentemente a combustão não será sustentada. Além do oxigênio, há outros gases que podem se comportar como comburentes para determinados combustíveis, por exemplo, o cobre queima no meio de vapor de enxofre.

No que se refere ao calor, é uma forma de energia, cuja função é dar inicio ao fogo, bem como, de permitir que ele se propague. Isto é, é de suma importância para os materiais o aquecimento, para que os mesmos possam produzir gases que, combinados ao comburente, possam formar uma mistura inflamável que quando sujeita a uma temperatura mais alta inflame

e resulte numa maior quantidade de calor, e consequentemente aqueça novas partículas de combustível de forma progressiva, gerando, assim uma maior quantidade de calor. A este processo contínuo e progressivo denomina-se de reação de cadeia.

Vale destacar que essa representação do fogo pelo triângulo é uma representação didática encontrada nas bibliografias, isto por que há um quarto elemento crucial para que o fogo se mantenha chamado de reação química em cadeia, dessa forma, uma representação mais adequada seria a do quadrado do fogo, conforme se observa na figura abaixo:

Figura 2 - Quadrilátero do fogo



Fonte: Flores *et al.*, 2016.

Para que haja a propagação do fogo após a sua ocorrência, deve haver a transferência de energia de uma molécula em combustão para outra intacta que entre em combustão sucessivamente. Os combustíveis, após entrarem na fase de combustão, geram mais calor. Esse calor vai gerar o desprendimento de mais gases combustíveis que, novamente, combinados com o oxigênio do ar, darão continuidade à reação de combustão. Deste modo, tem-se uma reação em cadeia, com uma transformação gerando outra transformação (UMINSKI, 2003).

Isto é, a reação em cadeia é uma sequência de reações ocasionadas por um elemento ou grupo de elementos que acarretam novas reações entre elementos possivelmente distintos, e, no caso de incêndios, a reação em cadeia é denominada de tetraedro do fogo. Assim, a reação em cadeia é uma sucessão de reações que ocorre no decorrer do fogo, e gera a sua própria energia de ativação.

### 3.1 FORMAS DE TRANSMISSÃO DO CALOR

É de grande relevância para o estudo de prevenção ou de extinção de fogo, o conhecimento das formas como o calor poderá ser transmitido, quais sejam, condução, convecção e irradiação.

Figura 3 - Formas de transmissão do fogo



Fonte: Flores *et al.*, 2016.

A condução é a forma pela qual o calor é transmitido de corpo para corpo ou em um mesmo corpo, de molécula para molécula, de um ponto de maior temperatura para outro de menor temperatura. Isto é, a referida transferência se dá por contato direto entre um corpo e outro, ou até mesmo através de um meio intermediário, que poderá ser sólido, líquido ou gasoso, desde que seja condutor de calor. Desta forma, percebe-se que não há transferência de calor por condução através do vácuo, por exemplo.

Quanto à convecção, a propagação de calor ocorre quando o calor é transmitido através de uma massa de ar aquecida, de um ambiente para o outro, por meio de compartimentações. Isto é, a convecção caracteriza-se pelo movimento circular ascendente, em razão do aquecimento das massas de ar, localizadas acima do foco do incêndio. De acordo com Pereira e Popovic (2007), a transmissão do calor por convecção ocorre quando o fluido aquecido se desloca do local em incêndio até outro local, levando quantidade de calor suficiente para que os materiais combustíveis tenham condições de entrar em combustão, fazendo com que ocorra um novo foco de incêndio.

Ao contrário dos outros tipos de transmissão de calor, a irradiação, é a transmissão do calor mediante ondas caloríficas através do espaço, isto é, não é necessário nenhum meio de condução de calor.

### 3.2 MÉTODOS DE EXTINÇÃO DO FOGO

Partindo do princípio de que haverá fogo quando houver combustível, o comburente - oxigênio -, o calor, e, consequentemente, a extinção do mesmo ocorrerá quando algum deles é eliminado, ou se a reação química em cadeia for interrompida. Os métodos básicos de extinção são resfriamento, abafamento, isolamento e interrupção química em cadeia. O resfriamento é um método que reside na diminuição da temperatura e eliminação do calor, até que o combustível não gere mais gases ou vapores que reajam com o oxigênio, e consequentemente se apaguem. Dessa forma, a extinção do fogo ocorre mediante a retirada do calor, por exemplo, através da utilização de água.

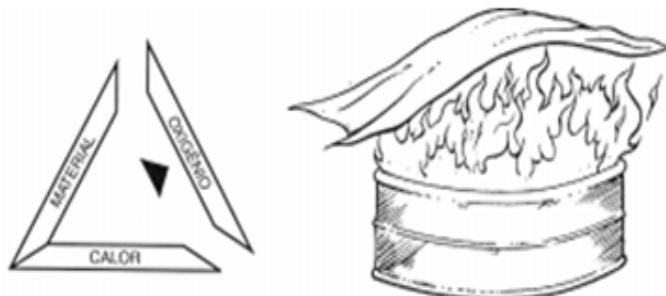
Figura 4 - Extinção por resfriamento



Fonte: Flores *et al.*, 2016.

O abafamento consiste na diminuição ou impedimento do contato de oxigênio com o fogo. Isto é, se não houver concentração satisfatória de comburente no ar para reagir não haverá fogo, dessa forma a concentração de oxigênio deverá ser maior que 15%.

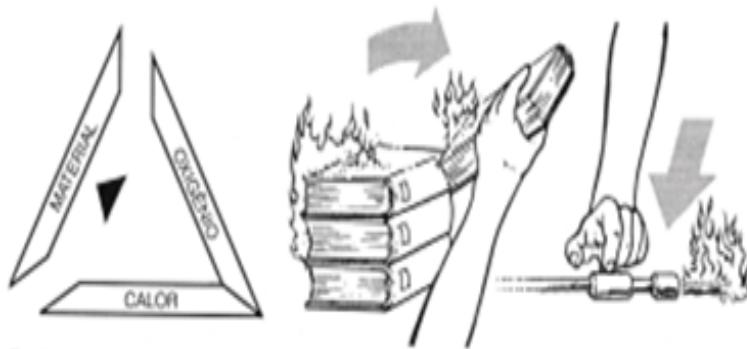
Figura 5- Extinção por abafamento.



Fonte: Flores *et al.*, 2016.

Em relação ao isolamento, é um método composto por duas técnicas, quais sejam, as retiradas do material que está queimando, bem como, a retirada do material que está próximo ao fogo. A segunda técnica consiste em retirar o material combustível não atingido pelo fogo, dando uma margem de segurança razoável, para fora do campo em que o fogo está alastrando.

Figura 6 - Extinção por isolamento.



Fonte: Flores *et al.*, 2016.

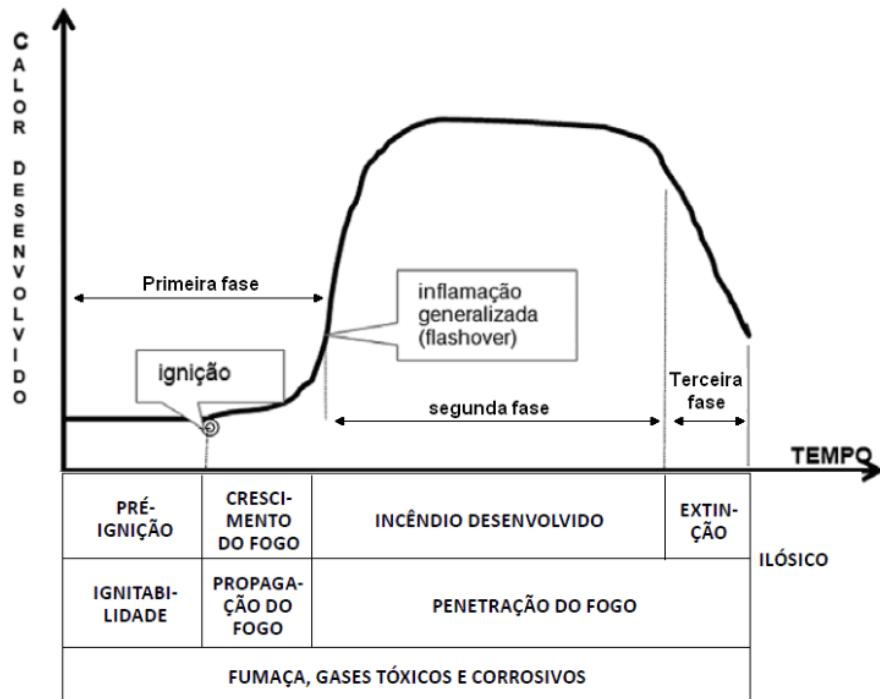
Por fim, a extinção química, também conhecida como, interrupção da reação química em cadeia constitui-se na utilização de alguma substância (agentes extintores) com o fito de reagir com o produto intermediário da reação de combustão, e, dessa forma, evitar que a mesma se complete. Isto é, uma das formas de evitar que materiais combustíveis e comburentes combinem-se da através da adição de materiais mais reativos e menos exotérmicos na queima, como, o bicarbonato de potássio.

### 3.3 INCÊNDIO

Segundo a NBR 13860:1997, incêndio é o fogo fora do controle. O desenvolvimento descontrolado da combustão possui um padrão de desenvolvimento na sua curva de evolução conforme a figura a seguir:

Na figura 7 nota-se três fases. A primeira fase caracteriza-se pelo crescimento lento da temperatura e perda de umidade dos materiais, com duração média de 5 a 20 minutos. Após este período a ignição dá início a segunda fase, que consiste no crescimento das chamas e aumento da temperatura. Com a elevação da temperatura, o ambiente é tomado por gases que irradiam calor capaz de produzir a pirólise sólidos, onde poderá ocorrer eventualmente o fenômeno do flashover. Em seguida, na terceira fase, há um decaimento paulatino da temperatura em virtude da diminuição da quantidade de material combustível.

Figura 7 - Curva de evolução do incêndio celulósico



Fonte: Seito *et al.*, 2008.

As principais causas de incêndio são classificadas em três grupos, quais sejam, causas naturais, causas accidentais e causas criminosas.

De acordo com Ferigolo (1977) o primeiro ocorre por causas naturais, ou seja, que não depende da vontade do ser humano, por exemplo, os terremotos e vulcões; o segundo grupo é das causas accidentais, que é bem variável, pois ocorrem por diferentes motivos, tais como,

eleticidade, balões, raios, chamas expostas; e, por fim, o grupo das causas criminosas, em que o incêndio é provocado com a finalidade de esconder alguma fraude para receber seguros, ou ainda, para queima de arquivos, intrigas, crimes passionais e etc.

### 3.4 CLASSE DE INCÊNDIO

Os incêndios são classificados conforme os materiais envolvidos nele, como também, guarda relação com a situação em que se encontram. A classificação abordada foi elaborada pela Associação Nacional de Proteção a Incêndio, a mesma é de suma importância, pois determina a necessidade do agente utilizar o extintor adequado.

Vale ressaltar que a classificação em comento passou a ser utilizada pela IFSTA - Associação Internacional para o Treinamento de Bombeiros/EUA; ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas/BR; e Corpos de Bombeiros/BR.

- a) Conforme se observa na figura acima, a classe “A” identifica o fogo em combustíveis sólidos como, por exemplo, madeiras, papel, tecido, borracha, etc. O mesmo é caracterizado pelas cinzas e brasas que deixa como resíduos, dado que, a queima acontece na superfície e em profundidade. Neste caso, o método de extinção mais indicado é o resfriamento, isto por que os agentes extintores que podem ser usados são a água e PQS ABC (extintor de pó químico seco);
- b) A classe “B” trata do fogo em líquidos inflamáveis, graxas e gases combustíveis, como, por exemplo, gasolina, óleo, querosene, GLP. Neste caso, o incêndio caracteriza-se por não deixar resíduos e queimar apenas na superfície exposta, dessa forma, deve-se utilizar o método de extinção por abafamento, isso dado que os agentes extintores utilizados são a espuma, o PQS ABC e o PQS BC;
- c) No que se refere à classe “C”, caracteriza-se o fogo em materiais e equipamentos energizados, como, por exemplo, motores, transformadores, geradores. Neste caso, informa-se que a extinção deve ser realizada por agente extintor diverso dos condutores de eletricidade como a água. O melhor método de extinção é por interrupção da reação em cadeia ou por abafamento, com o uso de extintores de PQS BC, PQS ABC e CO2;
- d) Em relação à classe “D” aborda-se a classe de fogo que tem como combustíveis os metais, a exemplo do magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio e zircônio. Este é caracterizado pela queima em altas temperaturas e por reagir com agentes extintores comuns, principalmente se contiver

água. O mais acertado método de extinção é por abafamento, mediante a utilização de extintores de pó químico seco especial (PQSE).

### 3.5 ÁGUA COMO AGENTE EXTINTOR

O alto calor de vaporização, que garante elevada capacidade de absorção energética, ponto fusão classificado como ideal – acima da temperatura ambiente e abaixo dos sólidos em chamas – e ausência de toxicidade fazem da água a substância química ideal para o combate a incêndios. Além das excelentes características químicas, também possui custo relativamente baixo, fácil manuseio e elevada disponibilidade (PUCHOVSKY & HOFMEISTER, 2015). Trata-se da substância química mais efetiva no combate incêndio, seja no auxílio ao deslocamento dos bombeiros ou diretamente no seu controle e extinção (BRENTANO, 2016).

Para a formação e manutenção do fogo, é imprescindível a coexistência de calor, combustível, comburente e manutenção contínua da reação em cadeia. Assim, qualquer procedimento que vise à extinção de qualquer incêndio será necessariamente baseado na inibição de algum desses fatores. No caso específico do combate com água, o método ocorre através de um conjunto de mecanismos que podem agir isoladamente ou em conjunto, a depender da forma de aplicação. São eles: diluição do líquido inflamável, resfriamento do material ou da chama, inibição do contato com o oxigênio pela presença do vapor de água, sob a forma de neblina ou bloqueio da transferência de calor. Esses mecanismos variam com a forma de aplicação do agente extintor que, no caso da água, podem ser de três maneiras: jato compacto, neblina ou vapor. O jato compacto ou sólido consiste na aplicação da descarga contínua de água com pressão elevada através de uma pequena abertura. Nesse caso, o processo de extinção ocorre por resfriamento. Isto é, redução drástica do fluxo de calor ao ponto de inibir a liberação de vapores responsáveis pela reação com o oxigênio. Em virtude da pressão elevada, este tipo de aplicação mostra-se bastante efetiva quanto ao alcance da superfície do material em combustão. No entanto, quando comparado às demais formas de aplicação, não se mostra efetivo quanto ao resfriamento do entorno. A aplicação mediante vapor, por sua vez, possui um processo de extinção diferente. Neste caso, realiza-se unicamente por abafamento que significa reduzir os níveis de oxigênio ao redor do material em concentrações suficientes para por fim ao incêndio. Por último, a aplicação por neblinas, apresenta características dos dois tipos de aplicação citados, visto que age tanto por resfriamento quanto abafamento.

Todavia o uso da água pode ser considerado inapropriado para a proteção de alguns materiais, na medida em que o uso nesses casos pode elevar a temperatura, produzir gases

tóxicos ou desencadear explosões. Além disso, surge outro problema no uso da água em líquidos inflamáveis, pois tal substância possui densidade superior a tais líquidos inflamáveis fazendo com que esses líquidos flutuem sobre a água e continuem queimando. Nesses casos, o combate a incêndio é feito por espuma. A espuma é formada por bolhas de ar através da mistura mecânica de água com um líquido gerador de espuma (LGE). Diferentemente da água, a espuma é menos densa que o líquido inflamável, sendo capaz de flutuar sobre o líquido e isolá-lo do comburente.

O combate a incêndio com água pode ser realizado de várias formas, com equipamentos móveis, como os extintores, ou fixos compostos por redes de canalizações. No segundo caso, temos além dos chuveiros automáticos – tema deste trabalho –, os hidrantes e mangotinhos; e bicos nebulizadores.

O sistema de hidrantes e mangotinhos podem ser definidos da seguinte forma:

Sistemas de hidrantes e mangotinhos são sistemas hidráulicos de operação manual, rigidamente fixados na estrutura da edificação, formados por uma rede de canalizações e abrigos ou caixas de incêndio, que contêm tomadas de incêndio com uma ou duas saídas de água, válvulas de bloqueio, mangueiras de incêndio, esguincho e outros equipamentos, instalados em locais estratégicos da edificação. (BENTRANO, 2016, p. 153).

O sistema é composto por uma reserva de incêndio, bomba de recalque, canalizações, hidrantes e mangotinhos, abrigo e registro de recalque. Esse sistema tem como propósito dar condição de combate a incêndio em todos os pontos da edificação e, caso necessário, oferecer suporte ao corpo de bombeiros. A norma que estabelece os critérios do uso deste sistema é a NBR 13714:2000.

Outro sistema utilizado é o de água nebulizada – *WaterMist* –, trata-se de um sistema fixo, automático, caracterizado pela aplicação de água por neblina. O sistema é composto basicamente por um sistema de tubulações que conectam uma fonte de abastecimento de água até bicos nebulizadores que descarregam a água em pequenas gotas em formato de cone. Essas gotas criam uma névoa de água em torno do foco ao ponto de reduzir o calor e o oxigênio em torno da chama.

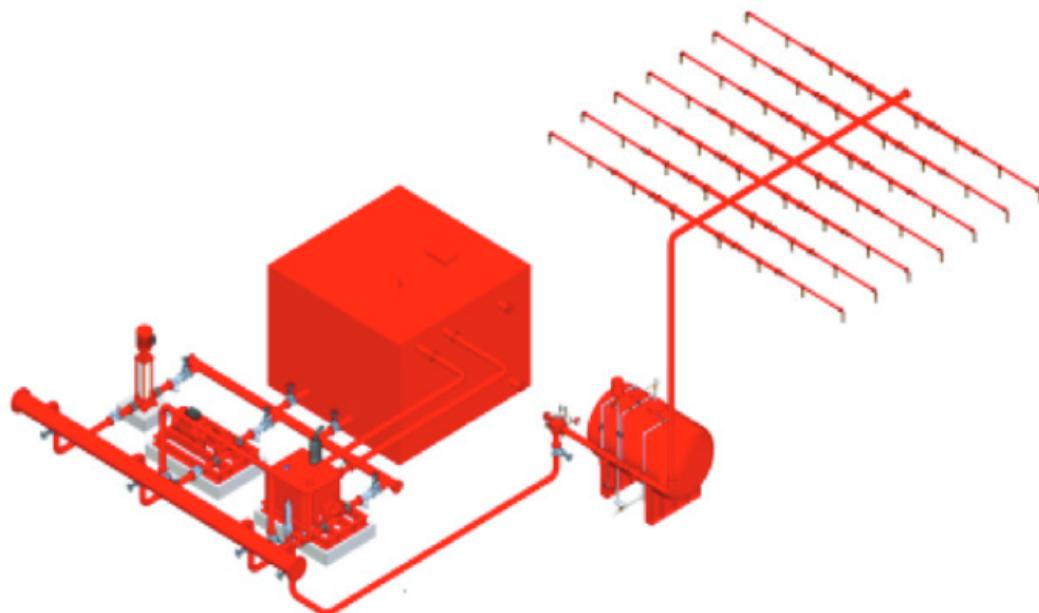
#### 4 SISTEMAS DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

Os chuveiros automáticos são utilizados com o objetivo de extinguir ou controlar o foco do incêndio de forma rápida e automática, sem a necessidade da intervenção humana.

Brentano (2016) define o sistema de chuveiros automáticos como um sistema fixo de combate a incêndio, de operação automática, cujo princípio reside no confinamento ou extinção do foco com liberação de uma quantidade de água em densidade adequada para o tipo específico da edificação. Trata-se de um sistema composto por tubulações aéreas e subterrâneas, abastecidas por um reservatório, por gravidade ou acionado por um sistema de bombas. O sistema é acionado por um elemento termossensível instalado nos bicos do chuveiro, que, quando acionado, descarrega a água e aciona um alarme.

A principal vantagem do sistema de sprinkler é a automação. Diferentemente, os sistemas de hidrante e mangotinho, que são manuais, dependem fundamentalmente de pessoal treinado para garantir a eficácia do sistema. Além disso, fatores como, por exemplo, intensidade do calor, excesso de fumaça, baixa visibilidade e dificuldade de acesso ao local também influenciam muito na qualidade do combate as chamas pelas equipes.

Figura 8 – Sistema de chuveiros



Fonte: Firequest, 2019.

Esse sistema passa por avanços consideráveis no Brasil. No caso de sprinkler, estas normas são as responsáveis pelo projeto, dimensionamento e execução, sendo regulamentadas pela legislação local. Dessa forma, cada estado brasileiro dispõe de decretos ou de legislação específica no estabelecimento de critérios de uso do referido sistema. No entanto, vale destacar que, em regra, as recomendações técnicas emitidas pelos órgãos da administração pública encarregados de tratar sobre o tema não englobam todos os parâmetros necessários para o dimensionamento do sistema. Na verdade, o que ocorre na prática é que essas legislações estaduais ditam apenas parâmetros iniciais e, portanto, sendo necessário a utilização de recomendações de outras entidades especializadas, inclusive fora da estrutura administrativa estatal. No Brasil, quem preenche essa lacuna é a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

#### 4.1 BREVE HISTÓRICO

Por volta do início do século XIX, os chuveiros automáticos eram um sistema de tubulações de canos furados, com diâmetro de 1/8 polegadas e espaçamento de 3 a 8 polegadas, funcionando a seco (BEATTIE, 2019). O sistema era operado manualmente por meio do fornecimento de água por uma fonte externa, que seria o corpo de bombeiros. Portanto a eficácia do sistema dependia do tempo de chegada dos bombeiros ao local. Além disso, era comum o entupimento nas tubulações por conta da ferrugem e da falta de otimização no layout da rede, que gerava bastante perda de carga.

Com o tempo a distribuição da tubulação fora otimizada e as perfurações nos tubos preenchidas com piche e alcatrão. Com a elevação da temperatura no caso de um incêndio, esses materiais derreteriam, abrindo espaço para passagem da água. A primeira patente de chuveiro automático “moderna” foi desenvolvida por Phillip Pratt, em 1872 nos Estados Unidos, mas foi Henry Parmelee, dono da Mathusek Piano Works, quem criou e instalou o primeiro chuveiro automático nos moldes atuais. Consistia basicamente no preenchimento dos furos com um tipo de solda que derretia quando a temperatura aumentava. Havia certo ceticismo quanto: funcionamento no longo prazo, atuação do sistema no caso de pequenos incêndios - porquanto haveria grandes chances do dano da água ser superior ao próprio incêndio -, riscos de vazamento e, obviamente, o custo benefício. Todavia, relatórios estatísticos positivos no que diz respeito à efetividade do sistema começaram a surgir. Um estudo conduzido pela *Factory Mutual Insurance Company* (FM) constatou que o custo por incêndio em instalações sem

sprinkler eram de \$7.500 por incêndio, ao passo que instalações com sistema de sprinkler era de \$1.080 por incêndio, naquele período.

A partir daí os estudos foram concentrados nos bicos do sprinkler, tendo como resultado o surgimento de várias patentes. Robert, afirma que entre 1872 a 1914 surgiram mais de 450 tipos de chuveiros automáticos registrados nos Estados Unidos. Somente em 1914 que a FM criou uma lista indicando 15 tipos de chuveiros recomendados.

Em paralelo ao aperfeiçoamento no sistema de sprinkler, avanços significativos ocorreram quanto a recomendações técnicas e legais. Em 1896 a NFPA publica suas primeiras prescrições normativas no que se refere à instalação de chuveiros automáticos. Neste documento, por exemplo, era indicado o número mínimo de sprinklers, diâmetro da tubulação e controle da pressão. Por volta de 1914, a maioria das cidades dos Estados Unidos já possuía legislação disposta sobre utilização de chuveiros automáticos em fábricas. O maior avanço no aspecto normativo ocorreu somente em 1940 quando as normas de sprinkler começaram a criar classificações quanto ao tipo de ocupação da edificação e também a determinar o uso de tipos específicos de sprinkler para situações de risco elevado.

Quanto à metodologia de cálculo, no início do século XX, o dimensionamento dos diâmetros, pressões e vazões eram obtidos por tabelas. Atualmente esta metodologia tornou-se obsoleta, sendo adotada apenas em caráter excepcional, na hipótese de expansão de uma edificação já existente. Paulatinamente, ao longo do século XX, o cálculo por tabela foi sendo substituído pelo cálculo hidráulico, que consiste em obter os valores mínimos requeridos para garantir pressão suficiente nos pontos mais desfavoráveis da rede. Em seguida, na segunda metade do século XX, com os avanços da informática, os cálculos hidráulicos para o sistema de chuveiro automático passaram a ser realizados com o auxílio de softwares, que tornaram possíveis o dimensionamento de redes mais otimizadas, com utilização de metodologias de cálculo interativos os quais outrora seriam impossíveis de serem implementadas.

#### 4.2 COMPONENTES DO SISTEMA

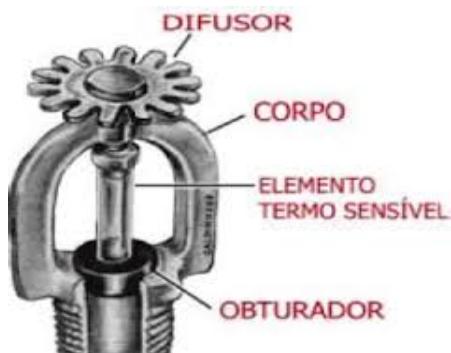
O sistema é composto por: chuveiro automático, sistema de tubulação, sistema de alarme, sistema de bombas:

#### 4.2.1 Chuveiro automático

O chuveiro que possui elemento acionador termossensível, que se rompe ao atingir uma temperatura pré-determinada, descarregando água sobre a área de incêndio. O chuveiro automático divide-se nos seguintes componentes: corpo, defletor/difusor, obturador, elemento termossensível, figura 9.

O corpo consiste na parte do chuveiro automático que contém rosca, para fixação na tubulação, braços e orifícios de descarga, e tem a função de suporte dos demais componentes. O defletor ou difusor é o componente cuja finalidade é a de quebrar o jato sólido de modo a distribuir a água segundo padrões estabelecidos nas normas. O obturador destina-se à vedação do orifício de descarga nos chuveiros e que também atua como base para o elemento termossensível tipo bulbo de vidro. O elemento termossensível, por sua vez é o componente responsável por liberar o obturador em razão da elevação da temperatura de operação e com isso fazer a água fluir contra o foco de incêndio. Estes elementos termos-sensíveis podem ser do tipo ampola de vidro ou fusíveis de liga metálica. No que se refere aos bicos para o sistema dilúvio, estes não possuem elemento termossensíveis.

Figura 9 - Componentes do sprinkler



Fonte: Skop, 2019.

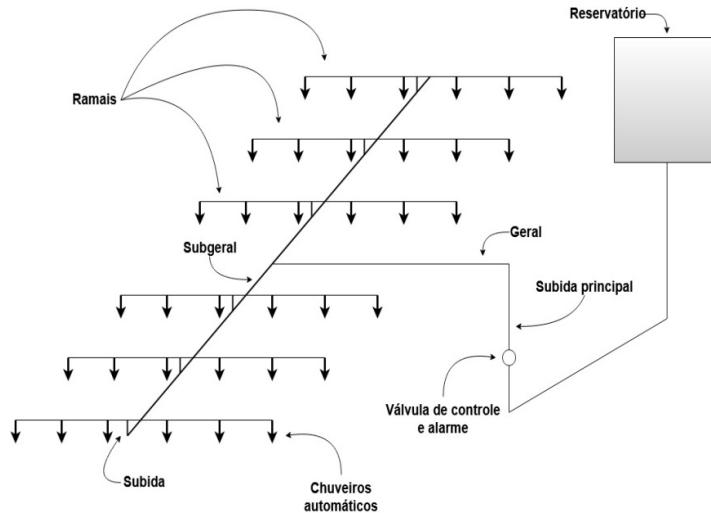
#### 4.2.2 Rede hidráulica ou rede de tubulação

A rede hidráulica é constituída por tubulações que alimentam os chuveiros automáticos a partir da válvula de controle e alarme (VGA). As tubulações estão divididas em: sub-ramais, ramais, subgeral, geral, subidas ou descidas e subida principal.

Os sub-ramais e ramais consistem nas tubulações onde os chuveiros estão conectados diretamente à tubulação. A tubulação subgeral interliga os ramais com a tubulação geral, que,

por sua vez, está conectada a subida ou descida. Estas consistem em tubulações verticais que fazem a ligação entre a rede de chuveiros dos andares. Por fim, a subida principal faz a ligação com a rede externa, que, por sua vez, está ligada a bomba.

Figura 10 - Esquema das tubulações do sistema



Fonte: O Autor, 2019.

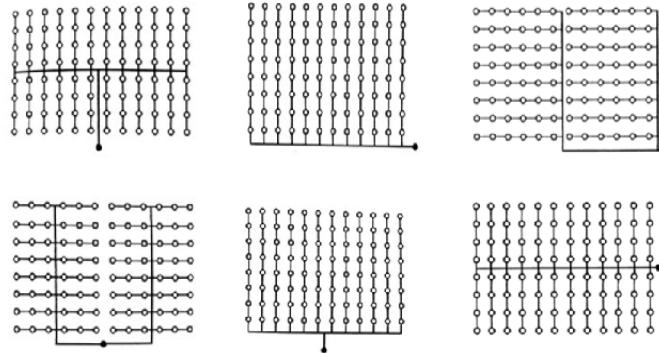
Ainda existe a tubulação de recalque a qual possui como finalidade o abastecimento do sistema por uma fonte de água externa. Nos casos de falta de água, o corpo de bombeiros pode abastecer o sistema de combate a incêndio com água por um hidrante de recalque localizado próximo ao local.

#### 4.2.3 Disposição da rede hidráulica

A partir da válvula de controle e alarme, o layout da rede hidráulica de chuveiros automáticos varia de acordo com os aspectos arquitetônicos, hidráulicos e custo. O formato pode ser do tipo aberto ou fechado.

Segundo Brentano (2016), as redes abertas, também conhecidas como espinha de peixe, são aquelas em que a distribuição da água circula num único sentido, ver figura 11.

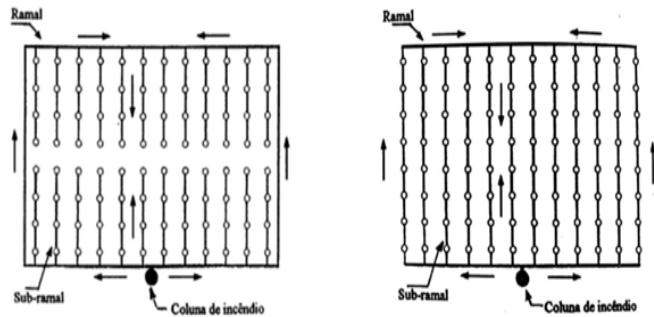
Figura 11 – Disposição de redes abertas



Fonte: Brentano, 2016.

Nas redes hidráulicas fechadas, ao contrário das redes abertas, o bico do chuveiro recebe água por mais de uma direção. Com isso a queda de pressão neste tipo de sistema é inferior ao do sistema aberto:

Figura 12 – Disposição de redes fechadas.



Fonte: Brentano, 2016.

#### 4.2.4 Sistema controle e alarme

A válvula de controle e alarme (VGA) é composta por uma válvula de retenção, uma de bloqueio, e um alarme de fluxo e deve ser instalada em cada coluna de alimentação. Ela funciona da seguinte maneira: quando um chuveiro é acionado, a pressão após a válvula diminui, criando uma diferença de pressão que faz a portinhola da válvula se abrir liberando o fluxo para os bicos. Logo após a válvula, um dispositivo é instalado, que é acionado quando detecta a existência de um fluxo de água na tubulação.

#### 4.2.5 Sistema de bombas

A função das bombas é a de fornecer pressão e vazão suficiente ao sistema. No caso dos chuveiros automáticos, o conjunto de bombas é composto por, no mínimo, uma bomba principal, responsável por suprir vazão e pressão nominal e uma bomba jockey, responsável por compensar variações de pressão em uma faixa previamente estabelecida, com o objetivo de evitar o acionamento desnecessário da bomba principal.

#### 4.2.6 Reservatório

O tamanho do reservatório está ligado diretamente com o número de chuveiros automáticos que, por sua vez, depende do tipo de edificação e mercadoria, salvo nos casos de sistema de dilúvio, uma vez que todos os chuveiros são ativados simultaneamente no caso de incêndio. Todo sistema de chuveiros automáticos deve possuir ao menos um sistema de abastecimento de água único suficiente para atender o sistema.

A NBR 10897:2014, que aborda o dimensionamento de chuveiros automáticos em geral, estabelece que os chuveiros automáticos podem ser supridos por reservatórios:

- a) Reservatório elevado.
- b) Tanque de pressão.
- c) Semi-enterrado ou enterrado, piscina, açude, represa, rio, lago.

### 4.3 TIPOS DE SISTEMA

De acordo com a NFPA 13, os sistemas de sprinklers classificam-se basicamente em: sistema de tubo molhado, sistema de tubo seco, sistema de pré-ação e sistema dilúvio. Existem outros tipos de sistema os quais não citados, pois consistem basicamente numa mistura desses quatro citados.

#### 4.3.1 Sistema de tubo molhado (*Wetpipe*)

O sistema de tubo molhado utiliza chuveiros automáticos ligados aos ramais de uma rede de tubulação fixa que contém água sob pressão. Neste caso, os chuveiros automáticos detectam, acionam o alarme e combatem o fogo. Isto é, a água somente é descarregada pelos chuveiros quando ativados pela ação do fogo, realizando a função do agente extintor. Este

sistema é recomendado apenas para os locais que não há risco de congelamento da água na tubulação.

#### **4.3.2 Sistema de tubo seco (*Drypipe*)**

Utiliza-se o sistema de tubo seco em áreas de baixa temperatura onde a água está sujeita ao congelamento. Neste sistema, a tubulação contém ar comprimido ou nitrogênio pressurizado com o objetivo de manter a válvula fechada, que é responsável por impedir que a água entre na tubulação antes de um sprinkler abrir. Logo, quando um sprinkler se rompe, o ar pressurizado escapa através do sprinkler aberto, diminuindo assim a pressão de ar dentro da rede possibilitando que a pressão da água empurre a portinhola da válvula e entre água no sistema. O referido sistema caracteriza-se pelo intervalo de tempo relativamente prolongado entre a abertura do chuveiro automático e a descarga de água, o que permite a propagação do incêndio e, em consequência disso, a necessidade de um aumento no número de chuveiros a serem abertos. No Brasil este sistema é usado em câmaras frias, visto que temperaturas negativas são praticamente inexistentes.

Este sistema tem tamanho limitado em razão da ocupação e tempo que a água leva para chegar ao incêndio. Nos sistemas em que o volume da tubulação é inferior a 1.893 litros não há requisito de tempo máximo de saída de água. Assim como nos casos em que os sistemas no qual o volume da tubulação é inferior a 2.839 litros e for instalado acelerador para retirada de ar, também não haverá requisito de tempo máximo para saída de água.

Importante salientar que após a utilização do sistema, é de suma importância a realização de uma correta drenagem da rede com a finalidade de garantir que as instalações e equipamentos sejam especiais para sistema seco.

No sistema de tubo seco é proibido o uso de tubulações em forma de “grid”, tendo em vista que, nesse caso, dado a elevada quantidade de canalizações, o tempo levado pela água até alcançar o sprinkler ativado, seria muito elevado.

#### **4.3.3 Sistema de pré-ação (*Pre-Action*)**

O Sistema de pré-ação compõe-se de uma rede de tubo seco contendo ar ou nitrogênio sob pressão (mínimo de 0,5 bar), em que os ramais são instalados aos chuveiros automáticos. Isto é, na mesma área protegida pelo sistema de chuveiro, é instalado um sistema de detecção de incêndio mais sensível que o sprinkler, interligado a uma válvula de pré-ação (válvula

dilúvio com trim para pré-ação), instalada na entrada da rede de tubulação. A atuação de quaisquer dos detectores, relativa ou não a um início de incêndio, faz com que a válvula de pré-ação seja aberta automaticamente. Uma vez aberta, a válvula possibilita a entrada de água na rede, que descarregará se algum chuveiro for ativado pelo fogo.

Em caso de redes pequenas com até 20 bicos, não há necessidade de ter supervisão sob pressão com ar comprimido ou nitrogênio, isto por que o referido sistema é empregado comumente em locais em que os danos provocados pela água, em caso de ruptura ou fugas nas canalizações, sejam significativos, como, por exemplo, o caso de centros informáticos. Além disso, vale salientar que o sistema de pré-ação é utilizado nos locais de clima frio, em que há tubulações submetidas a congelamento, como no caso das câmaras frias.

O sistema de pré-ação subdivide-se em: sem travamento, travamento simples e travamento duplo.

- a) Sistema sem travamento: este sistema libera água pela válvula de controle – ou governo - e alarme (VGA) assim que o detector aciona ou o sprinkler se abre. Neste caso, é proibida a instalação de mais de 1.000 sprinklers comandados pela mesma válvula de controle. Atentar para a exigência de atender a área máxima de cada VGA.
- b) Sistema de travamento simples: neste sistema há liberação da água pela VGA no momento em que o detector aciona, e não se permite instalar mais de 1.000 sprinklers comandados pela mesma válvula de governo. Este tipo de sistema é bastante utilizado em locais sensíveis a água, porém precisam de grandes vazões e pressões para controle do incêndio, como, sala de transformadores.
- c) Sistema de travamento duplo: este sistema libera água pela VGA no momento em que o detector aciona e o sprinkler se abre, isso é, faz-se necessário a realização dos dois eventos para que proceda com a liberação da água. O referido sistema tem tamanho limitado em razão da ocupação e tempo que a água necessita para chegar até o incêndio, conforme se verifica na tabela abaixo. Em sistemas em que o volume da tubulação é inferior a 1.893 litros não há requisito de tempo máximo de saída de água, assim como, nos sistemas em que o volume da tubulação é inferior a 2.839 litros e for instalado acelerador para retirada de ar, também não há requisito de tempo máximo para saída de água.

Por fim, vale ressaltar que em sistemas de pré-ação para áreas de estocagem está proibida a sua utilização para os casos de disposição em forma de “grid”, a não ser quando o sistema proteger áreas de armazenagem transitória e o sistema for de bloqueio simples.

#### 4.3.4 Sistema de dilúvio (*Deluge*)

Neste sistema há uma rede cujos ramais possuem chuveiros abertos instalados, isto é, não possuem elementos termos-sensíveis. Além disso, há o acréscimo de um sistema de detecção de incêndio, na mesma área de proteção e interligado a uma válvula, denominada válvula-dilúvio, instalada na entrada da rede de tubulação, a qual entra em operação quando da atuação de qualquer detector, em razão de um princípio de incêndio ou até mesmo pela ação manual de um controle remoto. Depois da abertura da válvula-dilúvio, a água entra na rede e é descarregada por todos os chuveiros abertos, momento em que, automaticamente e de forma simultânea, soa um alarme de incêndio.

Este tipo de sistema é recomendado para locais com elevada carga de incêndio e risco de acelerada propagação, e que se faz necessária aplicação de toda a zona coberta pelos chuveiros e não, como nos outros sistemas, apenas numa área limitada aos sprinklers ativados pela zona do incêndio. Dessa maneira, é habitual encontrarmos este tipo de sistema sendo utilizado na proteção de tanques com líquidos ou gases inflamáveis, em razão de ser necessário, quando da ocorrência de um incêndio, a utilização de água não só para combater o mesmo, mas também resfriar os arredores.

### 4.4 CLASSIFICAÇÃO

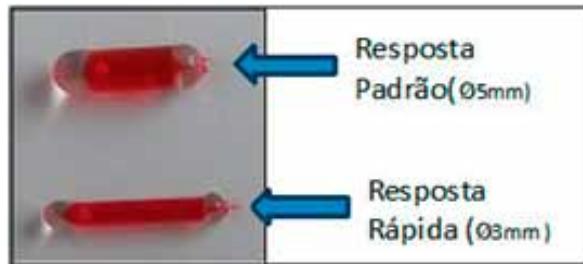
Existem diversas maneiras de classificar os sprinklers. No entanto, para fins de dimensionamento, três tipos de classificação destacam-se, quais sejam: velocidade, orientação, forma de operação.

#### 4.4.1 Quanto à velocidade

A velocidade de resposta está relacionada à sensibilidade térmica do elemento que libera a descarga no bico do chuveiro – bulbo de vidro ou liga-fusível. Esse valor é medido pelo o índice de tempo de resposta – ITR -, ou, em inglês, response time index – RTI. Os tipos de chuveiro quanto à velocidade são:

- Resposta padrão ou normal: possui tempo de resposta de  $80 \text{ (m.s)}^{0.5}$ . São os tipos de chuveiro mais utilizados atualmente.
- Resposta Especial: apresentam tempo de resposta entre  $50$  e  $80 \text{ (m.s)}^{0.5}$ .
- Resposta Rápida: possuem IRT inferior a  $50 \text{ (m.s)}^{0.5}$ .

Figura 13 – Bulbo de resposta padrão versus resposta rápida



Fonte: Skop, 2019.

#### 4.4.2 Quanto à orientação

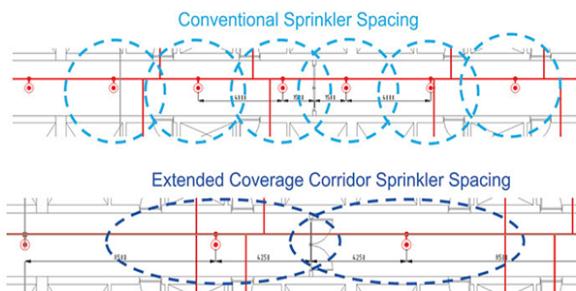
Os chuveiros automáticos podem ser instalados em diversas posições, variando conforme as restrições e finalidade da edificação:

- Pendentes: chuveiro projetado para que o jato de água seja dirigido para baixo contra o defletor. Essa posição é muito utilizada quando se é preciso esconder o bico do chuveiro.
- Em pé: projetado para que o jato seja direcionado para cima contra o defletor. Esse tipo de chuveiro, ao contrário do anterior, é utilizado quando não há necessidade de esconder os bicos.
- Lateral: modelo instalado na parede. A água é descarregada para frente e para os lados. Este tipo de chuveiro é muito utilizado em locais de espaço reduzido.

#### 4.4.3 Quanto à forma de operação

No que se refere à operação, a espécie mais comumente utilizada é o chuveiro de cobertura padrão (Spray Sprinkler – CMDA), que consiste num tipo de chuveiro automático de referência nas normas em que apresenta padrão de distribuição esférico e pode ser utilizados em qualquer sistema. Esse tipo de chuveiro apresenta uma variação com cobertura estendida, que possui área de cobertura superior ao normal, o que proporciona uma redução na quantidade necessária de chuveiros no pavimento quando comparado ao chuveiro sem cobertura – ver figura 14. No entanto, nem sempre é possível trocar um tipo pelo outro. Primeiro, porque há restrições mais rigorosas, por exemplo, no caso de tetos inclinados, o limite da inclinação do teto para os chuveiros de cobertura estendida é inferior quando comparado ao de cobertura padrão e, em segundo lugar, porque esse sistema requer um valor mínimo de pressão para seu funcionamento adequado.

Figura 14 – sprinkler tradicional versus cobertura extendida.



Fonte: International Fire protection, 2019.

Outra espécie é o chuveiro automático de Controle para Aplicações Específicas (CCAE), ou Control Mode Specific Application (CMSA), é um tipo de chuveiro capaz de produzir gotas grandes, designado para incêndio de risco elevado.

“Têm a capacidade de penetrar de forma mais rápida em altas correntes ascendentes de chamas e de calor geradas por fogos de grande intensidade, sem possibilidades de rápida evaporação, fazendo com que uma boa quantidade de água atinja o material em chamas”. (Brentano, 2016, p.187)

Por fim, há ainda o Chuveiro automático de Resposta e Extinção Rápida (ESFR). Este tipo de chuveiro é muito utilizado em áreas de estocagem sujeita a riscos elevados. Apresentam velocidade de resposta superior e maior uniformidade na descarga. Essas duas características fazem com que esse modelo tenha como função principal a de extinguir o fogo completamente.

## 5 DIMENSIONAMENTO

Parâmetros como: espaçamento máximo, área de cobertura, diâmetro das canalizações, tipo de sistema, enfim, os aspectos iniciais necessário para dar início aos cálculos do sistema necessitam, antes de tudo, da caracterização da edificação. Isto é, a classificação da edificação consiste na primeira etapa do processo de dimensionamento. Sendo assim, um erro na classificação que subestime a classe de incêndio pode produzir um sistema de chuveiros automáticos que não seja capaz de combater o incêndio naquela edificação. Levam-se em consideração os seguintes critérios: combustibilidade, taxa de liberação de calor, potencial de energia liberada.

Tanto a NBR 10.897/2014 quanto a NFPA 13/2016 dividem a classe de risco da edificação da seguinte forma:

- a) Risco leve;
- b) Risco Ordinário;
- c) Risco Extraordinário;
- d) Risco especial.

A classificação de risco leve engloba aquelas situações cujo volume e combustibilidade são baixos, apresentando uma média ou baixa taxa de liberação de calor. São exemplos desses tipos de classe: escritórios, hospitais, escolas e museus. As ocupações de risco ordinário, por sua vez, consistem naquelas edificações comerciais ou industriais que apresentam uma carga de incêndio mais elevada que a classe anterior. Esta classe apresenta uma subdivisão em grupo I e II, sendo o primeiro, quando comparado com o segundo, englobar construções com um risco menos gravoso. São exemplos da classe de edificação de risco ordinária: shopping Center, supermercados, gráficas. No tocante a classe de risco extraordinário, as edificações apresentam alta carga de incêndio e elevadas taxas de liberação de calor. Também apresenta duas subdivisões exatamente como a classe de risco ordinário. São exemplos para esta classe: Hangares, serrarias, locais com presença de líquidos inflamáveis.

Por fim, existe a área de armazenamento - estudo deste trabalho. Neste caso o processo de classificação é diferente. Será preciso observar o tipo de embalagem, tipo de mercadoria, altura de armazenagem e altura do telhado, conforme explicado no tópico seguinte.

## 5.1 CLASSIFICAÇÃO DA MERCADORIA

As mercadorias são classificadas por classes que variam de I a IV e também pela presença de plástico. A NFPA13:2016 divide a mercadoria pelo conjunto de produtos, embalagens e recipientes (NFPA, 2016).

A classe I é definida como produto não combustível estocado sobre pallets, embalados em caixa de papelão, com ou sem divisórias, podendo estar envolto por filme plástico ou papel. São exemplos: garrafas vazias de vidro, fogões, máquinas de lavar, cimento e placas de gesso. As mercadorias de classe II consistem nas mesmas mercadorias da classe I, com o diferencial de estarem dispostos em engradados ou caixotes de madeira ou papelão. As mercadorias classe III, por sua vez, são produtos de madeira, papel, tecido de fibras naturais ou plásticos do grupo C ou similares, com a possibilidade de conterem uma quantidade de até 5%, em peso ou volume, de plásticos tipo A e B. A classe IV engloba as classes I, II, III que possuam plástico tipo A e B em quantidade de até 15% em relação ao volume ou peso.

No que se referem aos plásticos, elastômeros e borracha, a classificação é feita em grupos A, B ou C. O processo de classificação deste material foi feita em materiais não modificados como alteração na forma física e resistência ao fogo. Caso alguma alteração desse tipo seja realizada a classificação deve ser alterada. No caso de plásticos que possuam capacidade de absorver água com possibilidade de retardar a propagação do fogo, devem ser considerados como expostos. Ainda, aqueles plásticos os quais podem desmoronar durante um incêndio, devem ser caracterizados como plásticos sujeitos ao derramamento.

O grupo A: Acrílico (polimetacrilato de metila); FRP (poliéster reforçado com fibra de vidro); Borracha natural (se expandida); PET (poli(tereftalato de etileno)/ poliéster termoplástico); Policarbonato; Elastômero de poliéster; Polietileno; Polipropileno; Poliestireno; Poliuretano; PVC com teor de plastificante maior que 20 por cento). Essa categoria subdivide-se em não expandido cartonado, não expandido exposto, expandido cartonado e expandido exposto.

Para o grupo B: Derivados de celulose (acetato de celulose, butirato de acetato de celulose, etil celulose); Policloropreno; Plásticos fluorados (ECTFE – copolímero de etileno de clorotrifluoretileno; ETFE – copolímero de etilenotetrafluoretileno; FEP – copolímero de etilenopropilenofluorado); Borracha natural (não expandida); Náilon (poliamida seis, poliamida 6/6); Borracha de silicone.

O Grupo C: Os seguintes materiais devem ser classificados como Grupo C: Plásticos fluorados (PCTFE – policlorotrifluoretileno; PTFE – politetrafluoretileno); Melamina

(melamina formaldeído); Fenólicos; PVC (policloreto de vinila) – flexível – PVCs com teor de plastificante até 20 por cento); PVDC (policloreto de vinilideno); PVDF (polifluoreto de vinilideno); PVF (polifluoreto de vinila); Uréia (uréia formaldeído).

Bobina de papel: Esta classificação não se aplica em armazenamento de papéis em caixas, pacotes ou similares. Aplica-se somente a bobinas. As bobinas são classificadas em relação a sua gramatura: classe pesada: Acima de 9,1kg / 92,9m<sup>2</sup>, classe média: Entre 4,5kg a 9,1kg / 92,9m<sup>2</sup>, classe leve: Abaixo de 4,5kg / 92,9m<sup>2</sup>, tecidos de papel: Devem ser definidos como macio, absorvente, independentemente do peso básico e sem embalagens. Exemplos: Papel higiênico, guardanapos de papel, lenço umedecido. Vale ressaltar que, em virtude da maneira como o tecido de papel será embalado e armazenado, o mesmo pode ter outras classificações.

## 5.2 FORMAS DE ARMAZENAMENTO

Além da classificação da mercadoria e da edificação, a configuração do armazenamento deve ser considerada. As maneiras mais comuns de armazenamento são:

- Armazenamento em pilhas sólidas: mercadorias empilhadas uma sobre as outras, armazenadas em papelão, fardos ou bolsas umas sobre as outras;
- Armazenamento em pilhas paletizadas: consiste na unitização da mercadoria em volumes únicos;
- Armazenamento em prateleiras: o armazenamento em prateleiras deve possuir até 76 centímetros de profundidade máxima, com largura máxima de ao menos 76 centímetros. As prateleiras podem ser sólidas ou vazadas, ou do tipo back to back.

Figura 15 – Armazenamento em prateleira



Fonte: Portuguese supermarket.

- Armazenamento em porta-bins: são caixas armazenadas de papelão, metal ou madeira, com uma abertura frontal.

Figura 16 – Armazenamento em porta bins



Fonte: equipashop.

- e) Armazenamento em rack: são estruturas utilizadas em grandes armazéns onde os paletes são alocados numa estrutura de metal. Essa configuração utiliza uma estrutura de prateleiras, vazadas ou não, ou montantes para alocar as mercadorias. A disposição das fileiras dos porta-pallets pode ser dividida em fileiras única, múltipla ou móvel. Também podem ser do tipo fixa ou móvel.

Figura 17 - Armazenamento tipo rack.



Fonte: Pallets de Paulla.

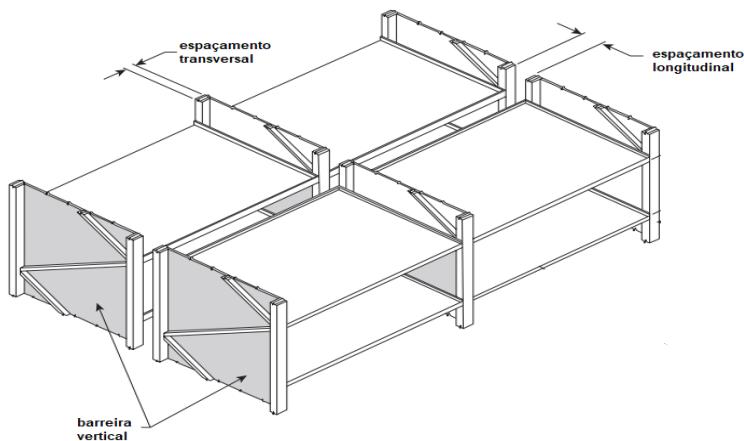
### 5.3 OUTROS FATORES QUE INFLUENCIAM NO DIMENSIONAMENTO

Adicionalmente à classe de ocupação, tipo de material e forma de armazenamento, existem outras variáveis que precisam ser consideradas no dimensionamento. O sprinkler só é ativado a partir de uma temperatura específica. Logo os fatores que alteram a dispersão do calor dentro do ambiente precisam ser avaliados.

Nesse sentido, talvez o principal fator seja a altura do prédio. Se o teto for muito alto, a dispersão do calor dentro do depósito pode retardar ou até mesmo impedir a ativação do chuveiro que deveria ser ativado, ou quem sabe ativar um chuveiro instalado em algum ponto distante do foco. Isso também vai depender da altura em que está localizado o foco. Sendo assim, a altura da pilha em relação ao sprinkler também é importante. Por outro lado, se as pilhas estiverem muito próximas dos bicos, podem prejudicar ou obstruir a descarga do chuveiro e prejudicar sua área de operação.

No que se refere ao porta-paletes, ainda é preciso observar a distância horizontal entre as fileiras. Essa distância tem uma dupla importância, primeiro porque, no caso de fileiras muito próximas o fogo pode deslocar-se de uma fileira para outra e, em segundo lugar, por causa da necessidade de que a água descarregada do sprinkler pendurado no teto consiga chegar até os andares mais inferiores do rack. Nesse ponto é importante abrir um parêntese para destacar o conflito muitas vezes comum entre a escolha do layout do sistema e a otimização dos espaços do armazém. Afinal de contas, quanto maior a altura de armazenamento e redução dos espaços entre as fileiras mais mercadoria poderá ser armazenada e consequente maior lucro para o empresário. O problema ocorre quando o layout do armazém é desfavorável ou suficiente ao ponto de prejudicar a atuação dos sprinklers no teto. Para estes casos é fundamental que a norma prescreva a necessidade de utilização de sprinklers internos e de barreiras nas prateleiras. Essas barreiras seriam estruturas metálicas instaladas entre as prateleiras como forma de barreira física a propagação do fogo.

Figura 18 - Barreira vertical no sistema rack.



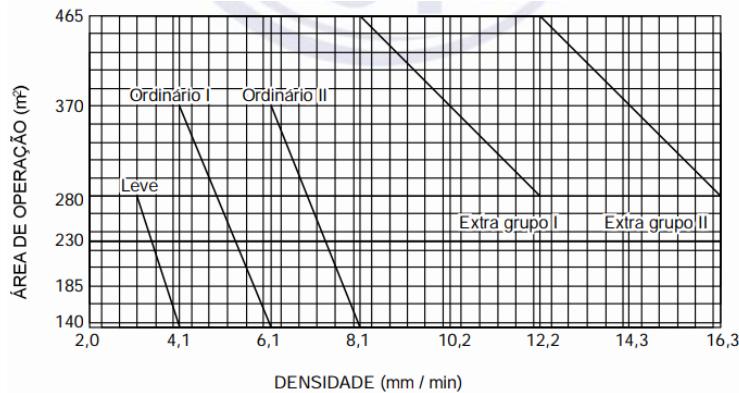
Fonte: NFPA, 2016.

## 5.4 DIMENSIONAMENTO MÉTODO HIDRÁULICO DENSIDADE/ÁREA

No método densidade área, a vazão corresponde a uma quantidade de água em que cada chuveiro automático deve fornecer. Além do valor da vazão mínima requerida é preciso estabelecer os seguintes parâmetros: área de operação, área máxima de cobertura por chuveiros, valor da vazão do hidrante.

Inicialmente encontra-se a densidade e área de operação pelo ábaco - figura 19 -, que depende da classificação de risco. Recomenda-se a utilização de densidades elevadas, com o propósito de obter uma área de aplicação reduzida. A área de aplicação consiste em uma área selecionada pelo projetista onde estarão localizado os chuveiros automáticos em situação mais desfavorável. A lógica é a de que, se for possível garantir os critérios mínimos de pressão e vazão nesse ponto, os demais pontos também cumprirão tais critérios. Seriam então os chuveiros mais distantes da válvula de governo.

Figura 19 - Curva de densidade área por classe de ocupação de risco



Fonte: NFPA 13:16, 2016, p. 156.

Em seguida, com o valor da área de aplicação, é possível determinar a quantidade de chuveiros através da razão da área de aplicação pela área de cobertura do chuveiro.

$$N = \frac{A}{A_c} \quad (1)$$

Onde:

N = número de chuveiros da área de aplicação

A = área de operação

$A_C$  = área de cobertura do chuveiro

Por seu turno a área obtida inicialmente é corrigida por intermédio do produto do número de chuveiros da área de aplicação pela área de cobertura do chuveiro.

$$A_{corrigida} = N \times A_c \quad (2)$$

Onde:

$N$  = número de chuveiros da área de aplicação

$A_{Corrigida}$  = área de operação corrigida

$A_C$  = área de cobertura do chuveiro

O formato da área de operação será de um retângulo. O lado maior do retângulo, que corresponde ao lado paralelo aos ramais, será obtido pela equação (3) e o lado menor pela equação (4).

$$L = 1,2 \times \sqrt{A_{Corrigida}} \quad (3)$$

Onde:

$L$  = Maior lado do retângulo

$A_{Corrigida}$  = área de operação corrigida

$$L' = \frac{A_{Corrigida}}{L} \quad (4)$$

Onde:

$L'$  = menor lado do retângulo

$L$  = maior lado do retângulo

$A_{Corrigida}$  = área de operação corrigida

O cálculo da vazão e pressão mínima para o chuveiro mais desfavorável é obtido pela multiplicação da densidade pela área de cobertura.

$$Q' = \text{Densidade} \times AC \quad (5)$$

Onde:

$Q'$  = vazão no chuveiro mais desfavorável

AC = área de cobertura do chuveiro

Com o valor obtido da densidade é possível calcular o valor da pressão no chuveiro:

$$Q = K \times \sqrt{P} \quad (6)$$

Onde:

$Q$  = vazão no chuveiro mais desfavorável

$K$  = fator de descarga do chuveiro automático

$P$  = pressão requerida

O fator  $K$  consiste no coeficiente de descarga do chuveiro automático. Trata-se de uma constante que relaciona a vazão com a pressão. Sendo assim, quanto maior o coeficiente, maior a quantidade de água sairá do bico. Por fim, com os valores da pressão e vazão mínima é possível realizar o cálculo da perda de carga através da equação de Hazen Williams e definir os das tubulações e pressão da bomba.

## 6 DESCRIÇÃO DA NBR 13.792:1997 E DA NFPA 13:16

A NBR 13.792:1997 estabelece, inicialmente, uma restrição geral no que diz respeito ao campo de aplicação da norma. Em regra, a altura máxima de armazenamento de materiais deve ser de até 9,1 m, salvo para os plásticos do tipo grupo A que não estejam sujeitos ao derramamento. Neste caso, a altura máxima aplicável para esta norma será de 7,6 m. A norma também cita explicitamente o fato de não contemplar o armazenamento de porta paletes.

A norma prescreve cuidados especiais concernentes ao tratamento de paletes ociosos, pois representam um grande risco dada a sua geometria que fornece uma superfície de contato favorável ao desenvolvimento de incêndio. A princípio eles devem ser armazenados fora do depósito. Caso contrário serão divididos em dois grupos: os paletes de madeira ou de polietileno sólido não expandido; e os paletes de plásticos.

Os paletes de madeira ou de polietileno sólido não expandido devem ser armazenados conforme a tabela 1, salvo se obedecerem simultaneamente os seguintes critérios: altura máxima não exceder 1,8 m, distância mínima de 7,6 m para as mercadorias e uma distância de, pelo menos, 1,4 m das pilhas de paletes entre si.

Tabela 1- Proteção de paletes vazios de madeira ou de polietilo sólido não expandido, armazenado no interior do edifício

Altura de armazenamento dos paletes	Densidade requerida L/s/m <sup>2</sup>	Área de projeto m <sup>2</sup>	
		141	74
Classe de temperatura de operação °C			
Até 1,8	0,15	190	280
1,8 a 2,4	0,20	230	370
2,4 a 3,7	0,40	325	560
3,7 a 6,1	0,40	420	-

Fonte: ABNT, 1997.

Para os paletes ociosos de plásticos, a norma prescreve mais restrições quando comparada aos demais casos. Ela possibilita a oportunidade de compartmentá-los em uma área específica, desde que: haja pelo menos uma parede para o exterior, paredes com resistência ao fogo por até 3 h, pilares metálicos de resistência ao fogo de até 1 h ou provido com chuveiro lateral com descarga direcionada ao pilar, localizado no topo ou a uma altura de até 4,6 m. Neste caso, a altura dos paletes deverá ser de até 3,7 m. Se o armazenamento não for

compartimentizado, a altura máxima é reduzida para até 1,2 m, com espaçamento de pelo menos 2,4 m e uma distância mínima de 7,6 m das mercadorias.

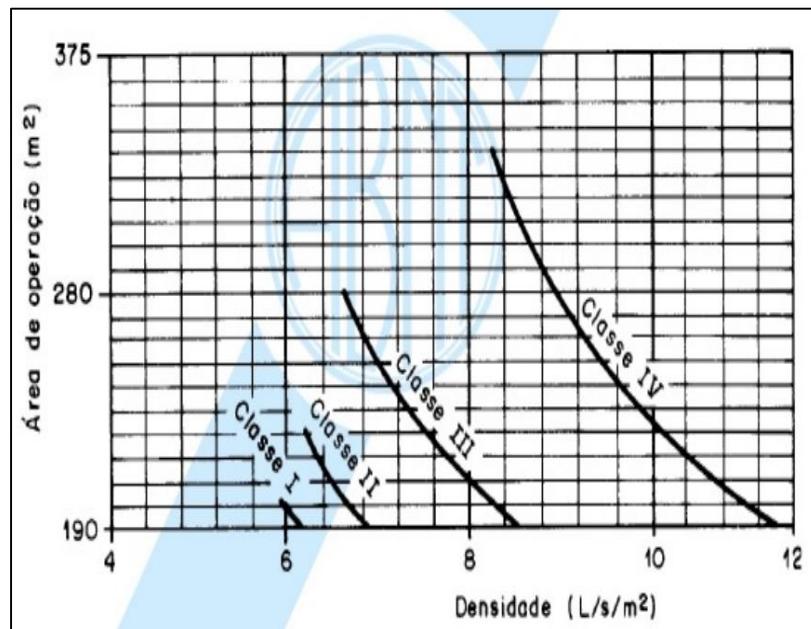
Quanto ao dimensionamento propriamente dito, a NBR 13792 trata das especificidades dos chuveiros automáticos em depósitos através de duas categorias: proteção contra incêndio para mercadorias de classe I a IV e proteção para locais de armazenagem de materiais de plástico e borracha. Em ambos os casos a norma permite a utilização de chuveiros automáticos de gotas grandes (CMSA) e chuveiros automáticos de supressão rápida (ESFR). Além disso, a norma organiza seus critérios de acordo com altura da pilha armazenada e altura do topo da pilha até defletor. Os procedimentos para obtenção dos parâmetros podem ser esquematizados conforme o fluxograma da figura 29.

No primeiro caso – Classe I a IV -, segundo a NBR 13792 tal categoria abrange matérias encapsulados ou não, desde que aquele apresente altura máxima de 4,6 metros. Caso o armazenamento seja de pilhas sólidas, pallets ou caixas de armazenamento, a referida norma se aplica apenas para aqueles casos cuja altura seja superior a 3,7 m e, para prateleiras, altura com valor dentro do intervalo de 3,7 a 4,6 m. Nota-se, portanto, uma restrição para valores máximo e mínimo de aplicação da NBR para estes casos e ausência de observações no que diz respeito a qual critério deverá ser utilizado para casos fora deste intervalo específico.

Para obtenção da densidade e área de operação basta determiná-los com o auxílio dos gráficos representados nas figuras 20 e 21. As curvas descritas no gráfico foram obtidas experimentalmente para a altura exata de 6,1 m. Logo é preciso ajustá-las, com o auxílio da figura 22, o valor real para cada caso específico, se diferente desta altura. Assim pode-se resumir o método de cálculo da seguinte forma: calcula-se o valor da densidade para uma altura de 6,1 metros e em seguida o valor é ajustado para a altura real. Além da metodologia de cálculo há na norma algumas observações e exceções. A primeira delas é a possibilidade de redução em 50% da área de operação para prateleiras fechadas construídas de metal com área frontal não excedendo  $1,5 \text{ m}^2$ . A norma também prescreve a necessidade de sprinkler sob passadiços em prateleiras e caixas de armazenamento acima de 3,7 m, providas de passadiço com espaçamento vertical inferior a 3,7 m. Ainda sobre prateleiras, a norma estabelece que não se deve justar a densidade de projeto obtida na figura 20 e 21, para os casos de prateleiras com alturas entre 3,7 m e 4,6 m.

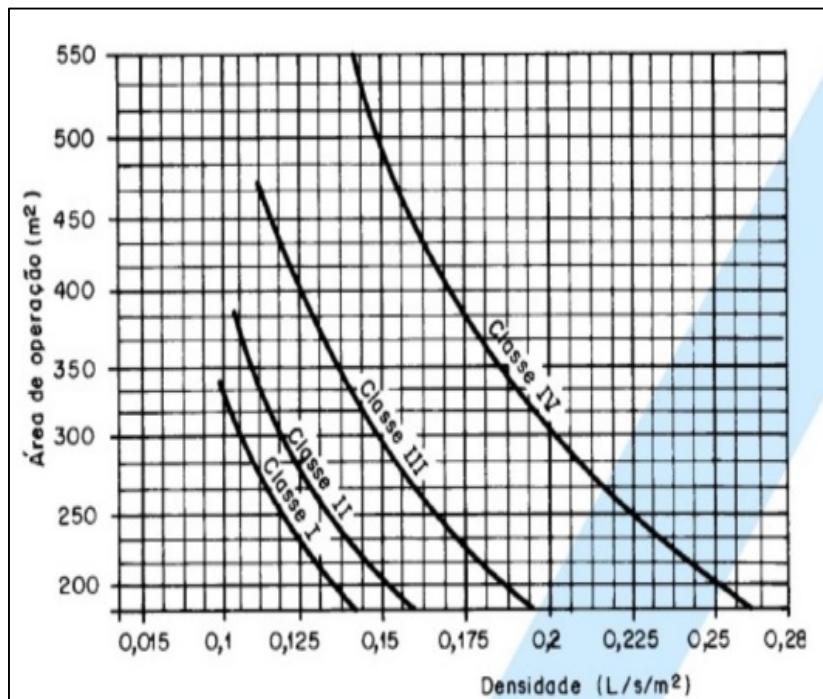
Nos casos de sistemas de tubo seco, a área de operação deve ser aumentada em 30% sem que tal valor supere os limites de áreas máximas observadas nas curvas de projeto. Relativamente ao tempo mínimo em que o suprimento de água deve durar, a norma estabelece a classe de mercadoria e a altura de armazenamento como critérios:

Figura 20 - Curvas de projeto uma altura 6,1 m temperatura nominal de 144°C



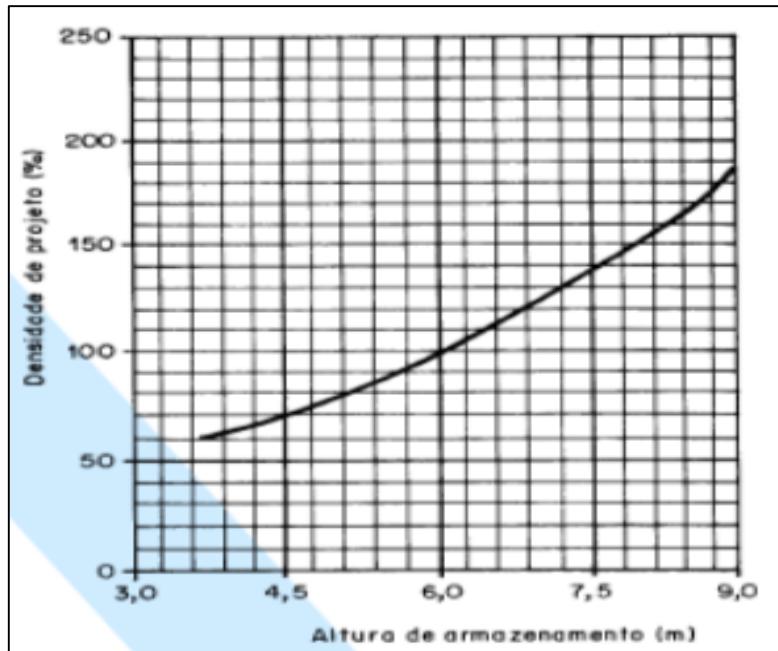
Fonte: ABNT, 1997.

Figura 21 - Curvas de projeto uma altura 6,1 m temperatura nominal de 74°C



ABNT, 1997.

Figura 22 - Densidade de chuveiros automáticos versus altura de armazenamento



ABNT, 1997.

Tabela 2 - Duração do suprimento de água

Altura de armazenamento	Classe de mercadorias	
	I, II, II	IV
Acima de 3,7 m até 6,1 m	1,5 h	2,0 h
Acima de 6,1 m até 9,1 m	2,0 h	2,5 h

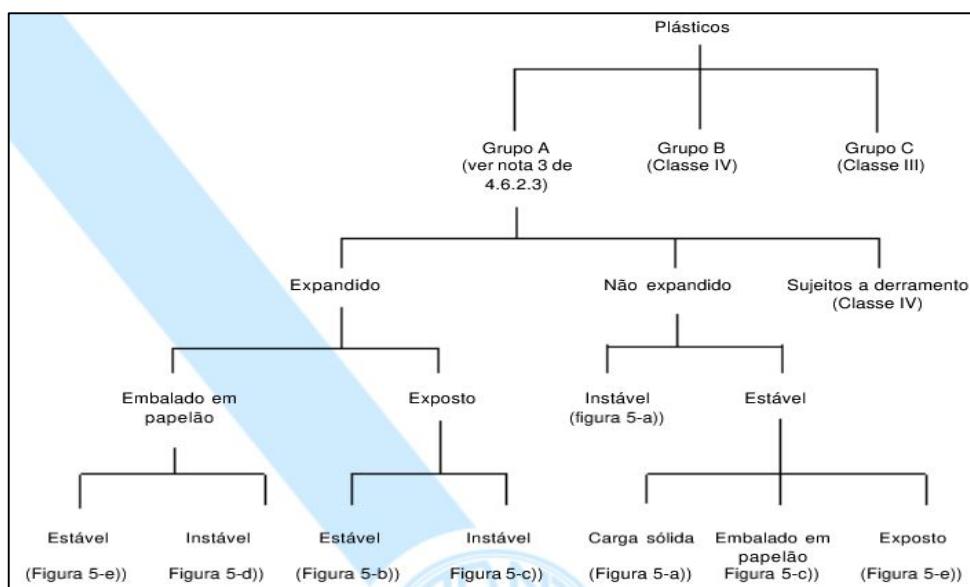
ABNT, 1997.

No que se refere ao segundo caso, os critérios para armazenagem de itens compostos por materiais plásticos e borracha são mais rigorosos, pois necessitam de maior demanda de água para supressão do foco. Sendo assim, a NBR 13792, estabelece uma árvore de decisão que deve ser seguida na figura 23.

Conforme a figura 23, o projetista deve inicialmente classificar o tipo de plástico. No caso de grupo B ou C, serão tratados respectivamente como classe IV ou III. Para plásticos do grupo A, será observada a capacidade de expansão do plástico. Se sujeito a derramamento – caso menos gravoso – corresponderá também a um material de classe IV. De outro modo, na hipótese de ser caracterizado como não expandido, a densidade será obtida, se instável, conforme o gráfico A da figura 24 em contrapartida caso estável, será de acordo com a figura

24, 25 ou 26 pelos gráficos a, c ou e para carga sólida, embalado em papelão ou exposto, respectivamente. Na pior das hipóteses, ou seja, quando expandido em papelão a densidade será obtida pelo gráfico E para estável, figura 26, ou pelo gráfico D, figura 25, para instável.

Figura 23 – Árvore de decisão



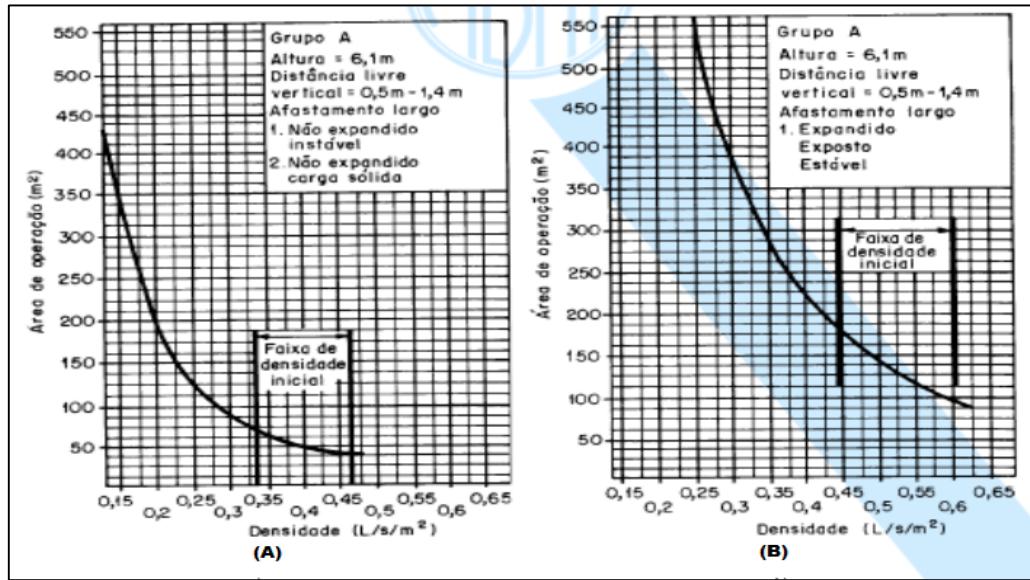
Fonte: ABNT, 1997.

Por fim, ainda para plástico expandido, há a possibilidade de ser do tipo exposto. Neste caso o valor obtido da vazão por área será calculada pelos gráficos C ou D, figura 25, para estável ou instável respectivamente.

Em suma os materiais do tipo A, se sujeito a derramamento, B e C seguem a metodologia idêntica a do grupo III ou IV. Nos demais casos de materiais do grupo A, isto é, expandido ou não expandido, utiliza-se um dos gráficos das figuras 25, 26 e 27 para o cálculo das densidades. Repare que nestes gráficos há uma “faixa de densidade inicial”. Isso ocorre porque nesses casos de plástico, tipo A, é preciso obter duas densidades: uma inicial ou primária; e outra secundária. O valor da densidade primária deve estar contido dentro dessa faixa de densidade, enquanto o valor secundário deve ser obtido fora desse trecho.

Além disso, essa área secundária deve ter no mínimo 190 m<sup>2</sup> para tubo molhado ou 240 m<sup>2</sup> para sistema de tubo seco e densidade secundária de pelo menos 0,17 mm/s inferior que a inicial. Por exemplo, caso a densidade primária seja 0,48 mm/s, a densidade secundária deve ter no máximo 0,31 mm/s.

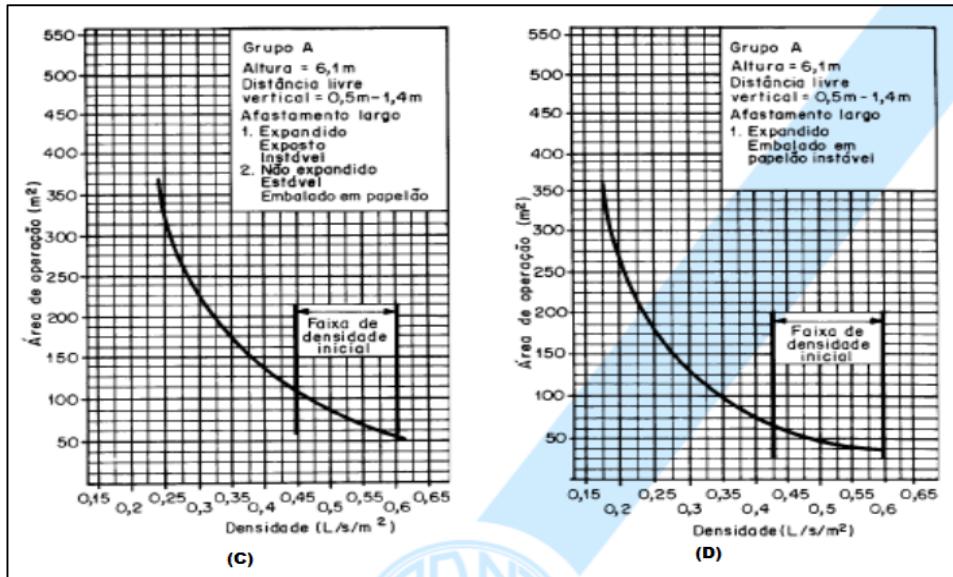
Figura 24 – Áreas e densidades de projeto para altura de armazenamento de 6,1 m



Fonte: ABNT, 1997.

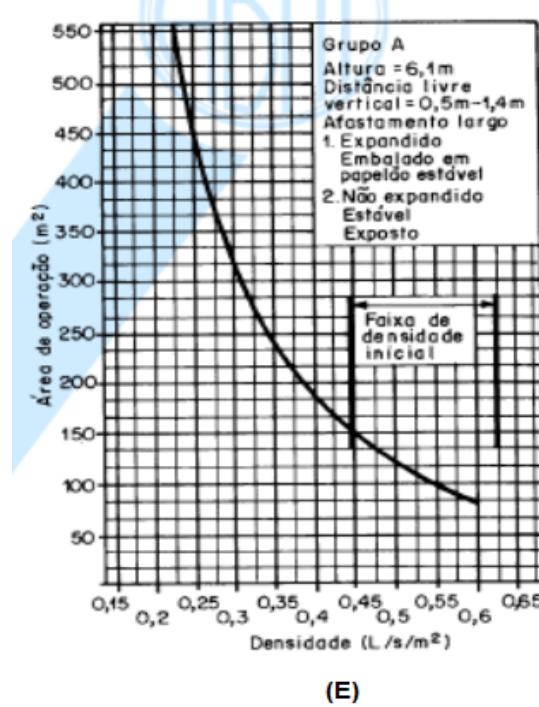
Em seguida, os valores de ambas as densidades obtidas precisam ser ajustadas, pois os valores obtidos pelos gráficos correspondem a uma altura de armazenamento de 6,1 m com distância livre vertical entre 0,5 m até 1,4 m.

Figura 25 - Áreas e densidades de projeto para altura de armazenamento de 6,1 m



Fonte: ABNT, 1997.

Figura 26 – Áreas e densidades de projeto para altura de armazenamento de 6,1 m

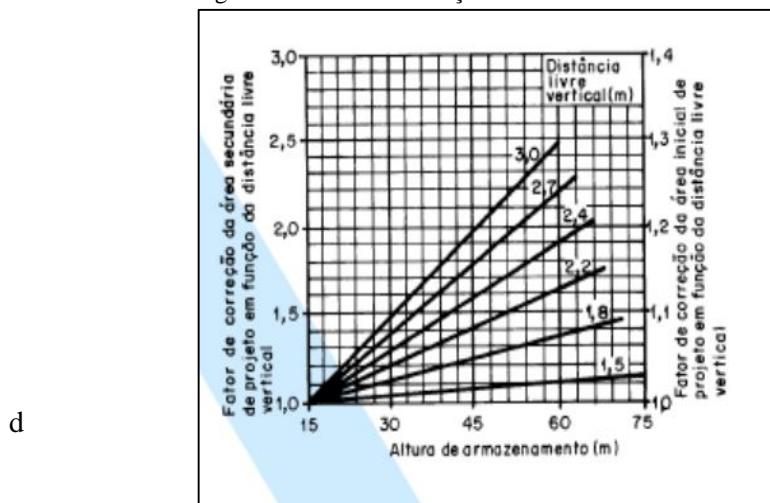


Fonte: ABNT, 1997.

Os valores das áreas primárias e secundárias são ajustados por um fator de correção obtido a figura 28 por meio da altura de armazenamento e distância livre vertical. Porém, excepcionalmente para os casos em que a altura da pilha seja entre 1,5 m e inferior a 3,0 m, deve-se utilizar apenas as áreas de projeto e a densidade para demanda secundária. Ainda, caso o valor da altura livre exceda 1,4 metros, as demandas inicial e secundária devem ser multiplicadas pelos fatores sem ajuste da densidade. Já o valor da densidade obtido para uma altura de 6,1 m é ajustado pelo gráfico da figura 29, de acordo com a altura de armazenamento. Por fim, vale destacar os casos em que a áreas de operação deve ser reduzida. Se o armazenamento não for de carga sólida ou de material exposto e expandido, o valor da área de operação deve ser reduzido em 50% e 25% para pilhas estáveis e instáveis respectivamente. Ainda, assim como para materiais de classe I a IV, sistema seco atuando em mercadorias de plástico e borracha tem 30% da sua densidade aumentada.

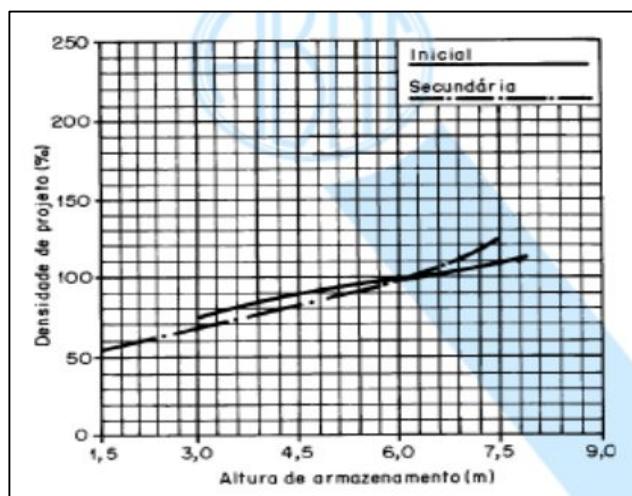
Segundo a NBR 13792, a utilização de chuveiro automáticos de gotas grandes – CMSA - em depósitos deve ser utilizado nos casos específicos listados em uma tabela na referida norma, embora seja permitido também, como “exceção”, sua utilização para os demais casos. Na tabela citada são determinadas as pressões mínimas de operação, demanda do hidratante secundário e tempo de funcionamento do sistema. Esse sistema deve ser utilizado exclusivamente no sistema de tubo molhado de ação prévia.

Figura 27 - Fator de correção das áreas inicial e secundária



Fonte: ABNT, 1997.

Figura 28 - Porcentagem de correção das densidades de projeto.



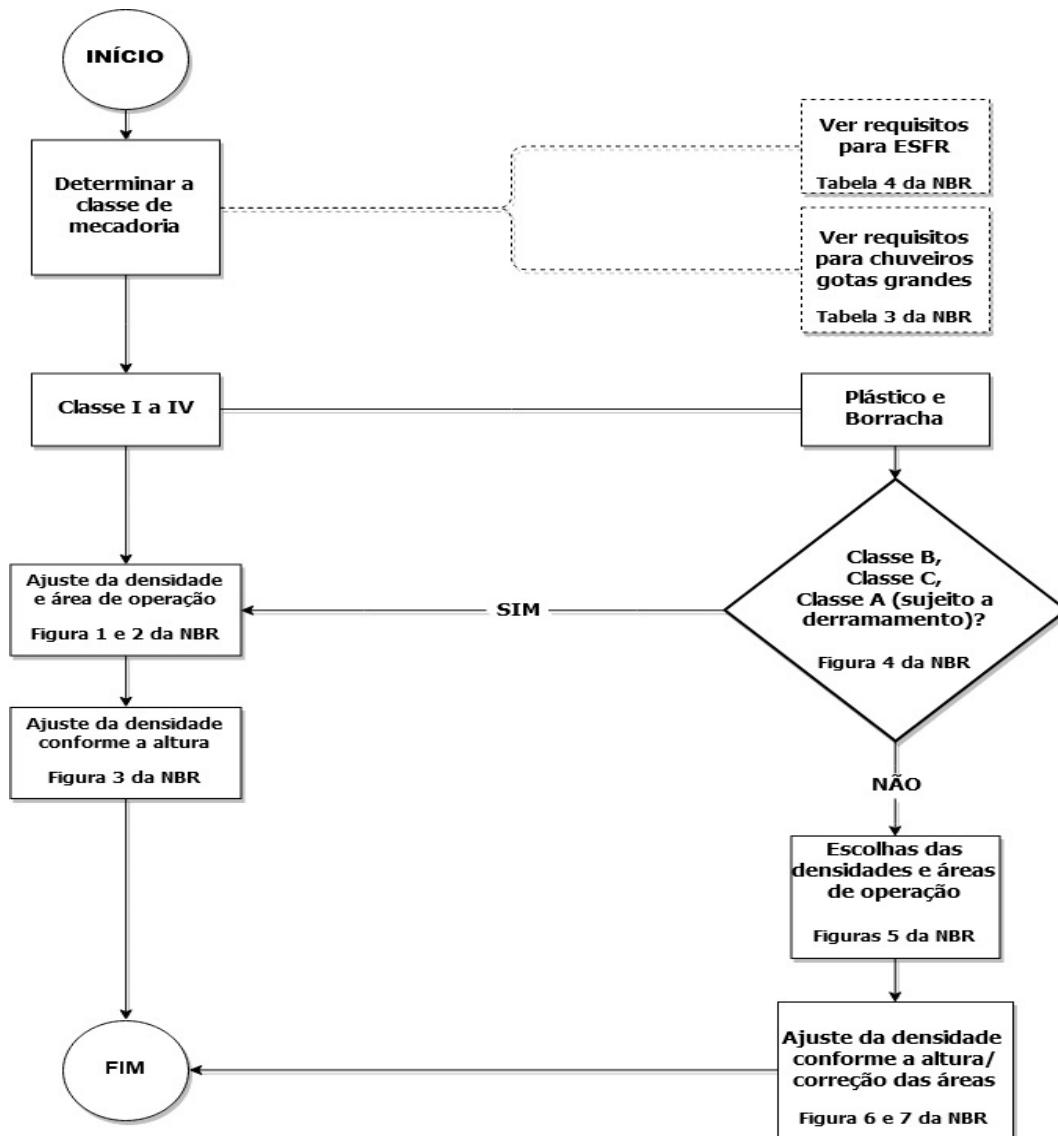
Fonte: ABNT, 1997.

No que se refere aos chuveiros automáticos de supressão rápida – ESFR –, que só podem ser utilizados em sistemas molhados, a norma brasileira destaca uma lista de casos, descritos em uma tabela específica, em que é o uso deste sistema é recomendado e proíbe nas seguintes situações:

- Materiais plásticos expostos ou materiais de poliestireno expandido em embalagem de papelão.
- Materiais combustíveis em embalagem de papelão ou contêineres que possuem a face superior aberta.

Esses chuveiros devem apresentar K variando entre 160 e 167 e entre 195 e 210, com pressão hidrodinâmica mínima de 345 kPa. Esses sistemas recomendados para proteção de edifícios que apresente: teto liso, teto com vigas conformando barreiras, teto com vigas secundárias e principais e teto composto por painéis, no entanto se o teto for inclinado, a inclinação deve ser de no máximo 8 cm/m e o reservatório deve fornecer água por um período de pelo menos 1 h.

Figura 29 - Fluxograma NBR 13.792



Fonte: O Autor, 2019.

No que se refere à norma internacional, NFPA13:16, os capítulos que tratam a respeito de chuveiros automáticos em depósitos, dividem os casos conforme a classe de ocupação, altura e alguns casos especiais:

- a) Proteção para áreas de armazenamento em pilhas de altura baixa.
- b) Proteção para mercadorias armazenadas em pallets, pilhas sólidas, caixas bin-box e prateleiras para mercadorias classes I a IV.
- c) Proteção de armazenamento em rack das classes I a IV pilhas de altura baixa.
- d) Proteção para mercadorias armazenadas em pallets, pilhas sólidas, caixas bin-box e prateleiras de plástico e borracha.
- e) Proteção de armazenamento em rack para mercadorias de plástico e borracha.
- f) Proteção de armazenamento de pneus.
- g) Proteção de armazenamento de rolos de papel.

O processo de cálculo nos respectivos capítulos podem ser simplificados pela representação dos fluxogramas da figura 30 a 35 – a numeração indicada no fluxograma é referente ao tópico dos itens da NFPA13:16.

A NFPA13:16 aborda inicialmente os aspectos de proteção relativos aos paletes vazios. Ela recomenda que eles sejam preferencialmente armazenados do lado de fora ou em uma área à parte. Caso o armazenamento seja na mesma área da mercadoria, a norma discorre sobre os critérios mínimos como densidade, pressão e área de operação por tabelas as quais dividem os casos conforme tipo do chuveiro, altura da pilha, tipo de armazenamento e tipo de sprinkler. Por exemplo, para o caso do armazenamento de paletes vazios em que os chuveiros automáticos sejam do tipo ESFR pendente, com armazenamento no chão, o fator K deverá ser de, no mínimo, 200.

A norma internacional divide o processo de cálculo em três tipos conforme altura. A primeira concerne ao armazenamento para áreas de altura reduzida, vale dizer, aqueles cuja altura seja inferior a 3,7 m. Para estes casos, a NFPA estabelece que o cálculo realizado seja feito com base no método tradicional para cálculo de sprinkler. Ou seja, o sistema de sprinkler é calculado como um sistema comum, como se não estivéssemos tratando de uma área de armazenagem. Este cálculo deve ser seguindo inclusive para os casos em que existam plásticos, pneus e rolos de papel em que a altura também seja inferior a 3,7 m. Quanto aos critérios de descarga, o cálculo da densidade deve ser feito conforme o gráfico mostrado na figura 19.

A escolha de qual curva deve ser utilizada irá variar com a altura da pilha e tipo de material conforme descrito nas tabelas do capítulo 13 da NFPA 13. Por exemplo, para uma pilha sólida classe II com altura inferior a 3,0 m, deverá utilizar a curva OH1. Ainda, na mesma tabela, estão os valores referentes vazão adicional para o hidrante e duração do suprimento de água.

Para armazenamento de mercadoria de altura não reduzida – altura superior a 3,7 m – de classe I a IV, a NFPA divide os critérios em dois tipos: um referente a mercadorias paletizadas em pilhas sólidas, caixas tipo bin-box e prateleiras e outro sobre o sistema de rack. Para o primeiro caso é necessário decidir inicialmente qual o tipo de chuveiro deve ser utilizado, Se forem chuveiros do tipo CMSA ou ESFR, os parâmetros de pressão, fator K, são obtidos diretamente de tabelas específicas. Quanto aos chuveiros do tipo CMDA, há um critério a mais que deve ser observado, é necessário observar se há encapsulamento. Se forem mercadorias encapsuladas com altura entre 4,6 m e 6,1 m, os critérios variam conforme a classe. Por exemplo, mercadorias classe II devem ter densidade de, pelo menos, 21,6 mm/min ao passo que para mercadorias classe III, a densidade será de 24,4 mm/min. Nos demais casos com sprinkler do tipo CMDA, isto é, aqueles com altura superior a 3,7 m e não encapsulados, o procedimento de cálculo é o mesmo da NBR 13792: calcula-se o valor da densidade para uma altura de 6,1 metros e em seguida o valor é ajustado para a altura real.

Para o outro caso - mercadorias armazenadas em porta paletes – de classe I a IV, a NFPA 13 separa um capítulo específico para este caso. A norma internacional estabelece os seguintes parâmetros: colocação de barreiras verticais ou horizontais, chuveiros internos na estrutura, observações relativas à disposição das fileiras, cuidados especiais para pilares metálicos entre fileiras e espaçamento entre as fileiras. Quando a mercadoria necessita de um nível mais elevado de proteção ou quando a disposição da armazenagem é desfavorável, recomenda-se a utilização de barreiras, que devem ser instaladas em cada andar. A NFPA destaca a necessidade de pressão de 15 psi e um espaçamento horizontal entre os chuveiros de no mínimo 2,4 m. Ainda, para mercadorias encapsuladas com altura superior a 4,6 m e inferior a 6,1 m, a referida norma também destaca critérios de fator-K mínimo, de acordo com a classe da mercadoria. Por exemplo, Sprinkler em locais de mercadoria classe II, na faixa de altura indicada, devem apresentar no mínimo 21,6 mm/min.

O cálculo da área e densidade depende da altura da estrutura e da disposição das fileiras. Quanto à altura, os gráficos são divididos em três categorias: até 3,7 m, acima de 7,6 m e entre 3,7 m e 7,6 m. Para estruturas de até 3,7 metros os parâmetros que distinguem o dimensionamento de depósitos são dispensados. Nos dois casos seguintes, é preciso observar, além da altura, a disposição das fileiras, se simples, dupla, múltipla ou móvel e o espaçamento entre elas. Caso seja simples ou dupla, a curva utilizada para estabelecer a densidade será conforme uma tabela específica, em caso fileira múltipla ou móvel a curva será preciso observar a largura do porta-paleta. Se a largura for inferior a 4,9 m, será utilizado um tipo de tabela, se

for superior a 4,9 a tabela será outra. Após a obtenção da densidade, será preciso ajustá-la assim como a norma brasileira.

Adicionalmente, NFPA reserva um item para as prateleiras sólidas. Quando a área das prateleiras for superior a 1,82 m<sup>2</sup> e menores que 5,9 m<sup>2</sup>, não há necessidade da instalação de chuveiros automáticos em todas as prateleiras, contudo será necessária a instalação para cada 2 m. Se a área das prateleiras for superior a 5,9 m<sup>2</sup> ou altura de armazenagem superior a 2 m, os chuveiros internos devem ser instalados em cada nível da prateleira. Para prateleiras vazadas, as mesmas regras das prateleiras sólidas devem ser obedecidas, mas, neste caso, devem apresentar pressão mínima de fator-K de 112, pressão de 50 psi.

A norma também estabelece critérios para proteção de colunas de aço no interior de racks por intermédio de chuveiros automáticos dentro da estrutura, seja nas prateleiras ou nos montantes. Essa proteção é feita com sprinklers laterais que devem ser instalados a uma altura de 4,6 m apontados para a coluna. Para este caso, área de aplicação do sprinkler deverá ser de no mínimo 186 m<sup>2</sup>. Em suma as etapas de dimensionamento podem ser simplificadas pelo seguinte fluxograma na figura 30.

No que tange ao dimensionamento para materiais com plástico e borracha, em primeiro lugar, a NFPA diz que pilhas ou racks abaixo de 1,5 m devem ser dimensionados conforme uma edificação comum. Para pilhas com altura superior a 1,5 m, o procedimento é o mesmo da NBR 13792, isto é, calcular pela escolher a tabela correta de acordo com a árvore de decisão para chuveiro automático do tipo CMDA. Para chuveiros automáticos do tipo ESFR e CMSA o cálculo é realizado por tabelas específicas conforme as demais condições de altura do empilhamento, pé direito e o sistema. Por exemplo: chuveiro tipo CMSA pendente, com fator K de 280 e material plástico tipo A, paletizado, cartonado não expandido com altura de 6,1 m de pilha, onde o armazém possua pé direito de 9,1 m, terá pressão mínima de 16 psi.

Para o dimensionamento em estruturas do tipo rack, o procedimento também é semelhante ao da NBR 13792, se o material for plástico tipo B e C, a curva correspondente para o cálculo utilizado será a mesma das mercadorias de classe IV e III, respectivamente. Ou seja, para fins de obtenção da curva de densidade, consideramo-los como mercadorias sem plástico. No caso de mercadorias do tipo A, mais informações são necessárias. Em primeiro lugar, se o material estiver sujeito a derramamento, será dimensionado como classe IV. No demais casos para o grupo A, deve-se, assim como no dimensionamento de mercadorias classe I a IV sem borracha, dividir as tabelas de cálculo entre as estruturas com altura superior a 7,6 e inferior a 7,6. Isto é, se a altura for superior a 7,6 m, deve-se utilizar uma tabela específica, se for menor que 7,6 m – e superior a 1,5 m – a tabela usada deverá ser outra. Na Figura 33, há uma um

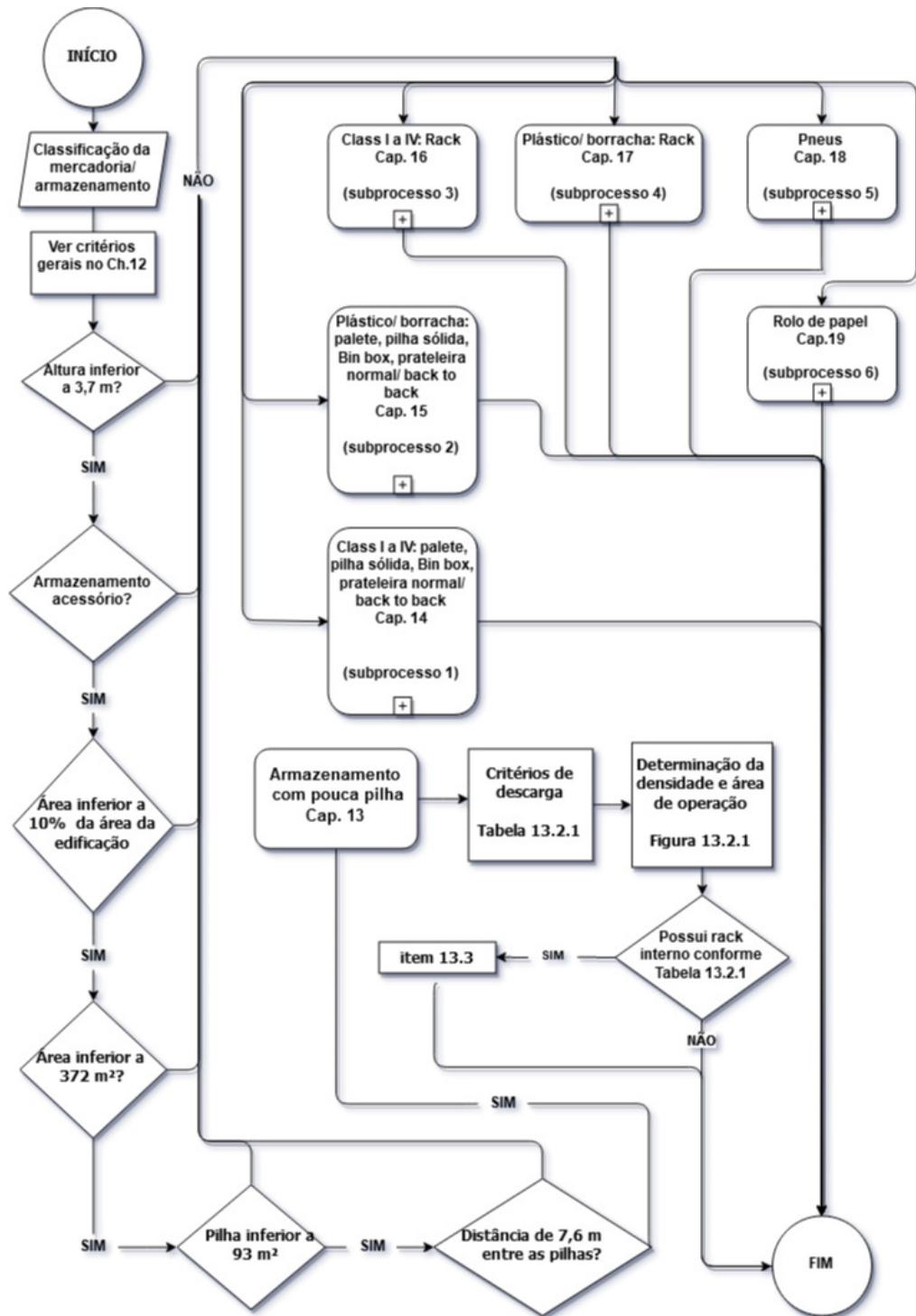
fluxograma em que é demonstrado o momento no qual cada parâmetro deve ser observado para que a tabela correta possa ser utilizada. Ademais as mesmas observações relativas à utilização de sprinkler interno, proteção de pilares metálicos também são válidas para mercadorias de plástico. A NFPA reserva um capítulo específico para tratar de pneus, uma vez que são extremamente difíceis de conter, na medida em que liberam uma grande quantidade de energia e pelo fato de possuírem uma disposição de armazenamento na qual dificulta a extinção do foco. Ademais, a fumaça liberada durante o incêndio é bastante tóxica para a comunidade e para aqueles que combatem as chamas.

A referida norma estabelece critérios acerca de cuidados para colunas metálicas e instalação de chuveiros automáticos internos. Em relação às colunas, é preciso instalar sprinkler lateral de gota grande ou supressão rápida para uma altura de armazenamento de até 6,1 m. Caso a altura do armazenamento supere este valor, é preciso instalar dois sprinklers laterais com as mesmas características. Contudo, é possível optar em ambos os casos pela instalação de chuveiros automáticos internos ao invés dos chuveiros laterais. Caso o projetista opte por este método, os chuveiros internos deverão apresentar espaçamento máximo de 2,4 m e pressão mínima de 30 psi. O cálculo da densidade e área de projeto para os sprinkler mais desfavoráveis é obtido através de uma tabela. Diferentemente das outras tabelas, além da altura da pilha e disposição das fileiras para o caso de rack, leva-se em consideração o método de pilhagem. Isto ocorre porque as formas de armazenamento são geralmente distintas do método tradicional.

Outro de tipo de material armazenado que é especificado na NFPA é o armazenamento de papel em rolo. Neste caso, para a determinação dos parâmetros, é preciso observar o peso do papel, que é dividido em leve, médio ou pesado, com os respectivos valores médios: 10 15 e 20 lb/m<sup>2</sup>. Para altura de até 3 m, a curva de densidade utilizada será a mesma para a classe ordinária II e, se for do tipo leve, será classe extra I. Para os casos em que a altura seja superior a 3 m e inferior a 9,1 m, a obtenção dos valores será feita por uma tabela específica. Caso o projeto utilize chuveiros automáticos de gotas grandes ou supressão rápida, deve-se utilizar a tabela específica para cada caso.

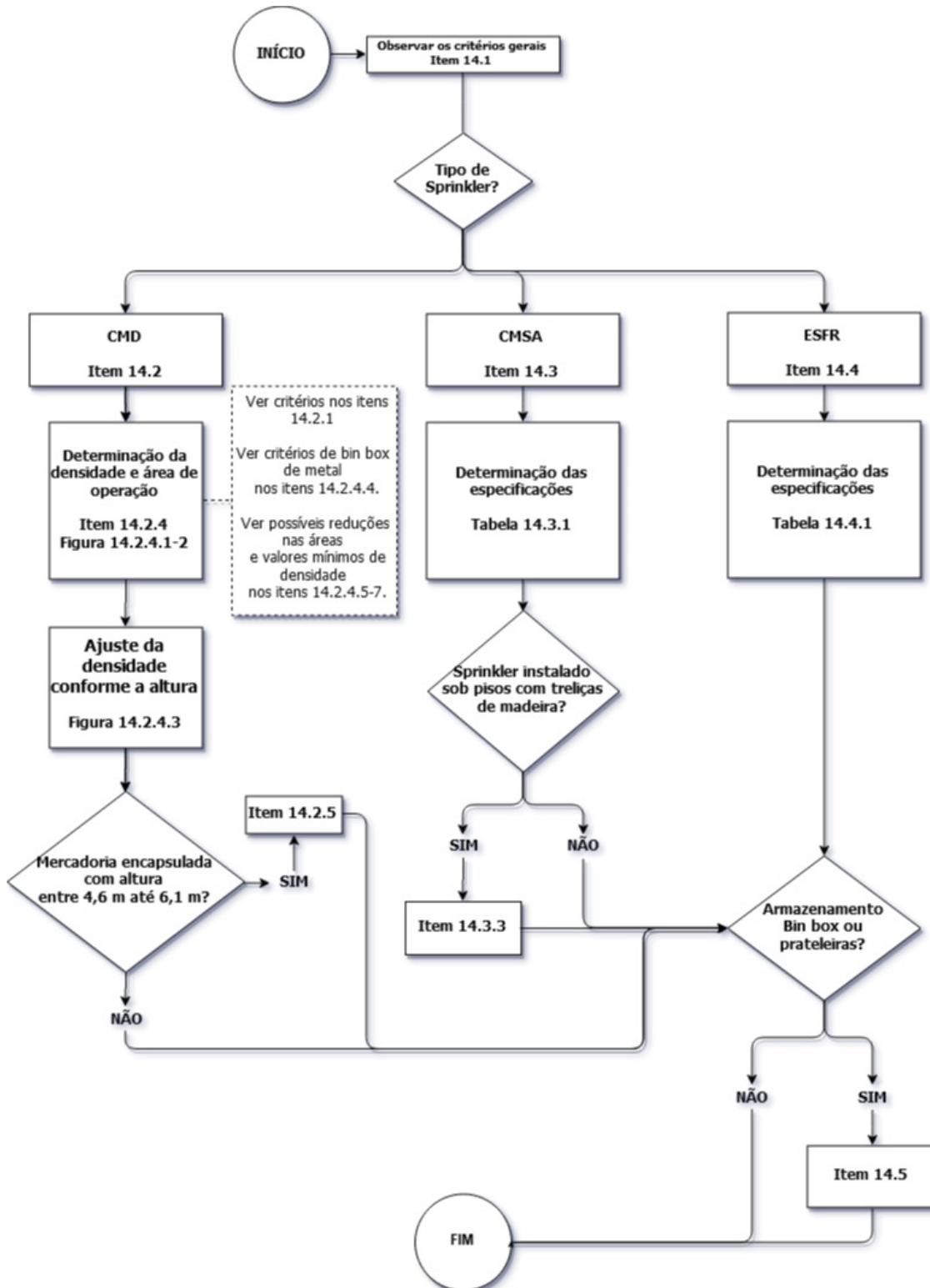
Além dos casos citados anteriormente, a NFPA 13 destaca alguns casos especiais como o armazenamento de peças de motores automotivos feitos de plástico, materiais de lojas de varejo cujo material possua plásticos tipo A - expandidos ou não - e fardos de algodão. Para esses casos, a norma também fornece tabelas específicas, com parâmetros de densidade, pressão, área, duração.

Figura 30 - Fluxograma NFPA13:16



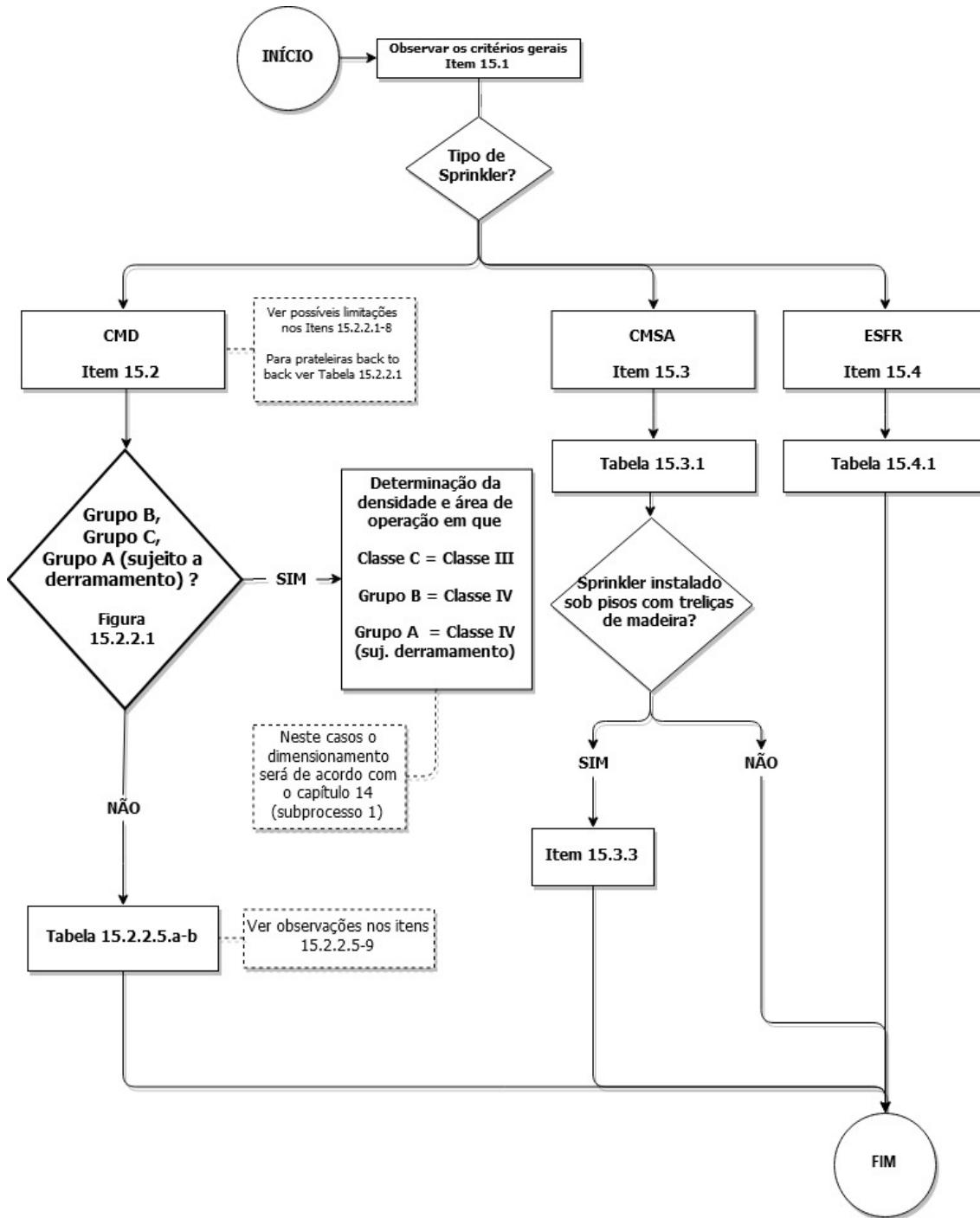
Fonte: O Autor, 2019.

Figura 31 - Fluxograma NFPA13:16, subprocesso 1.



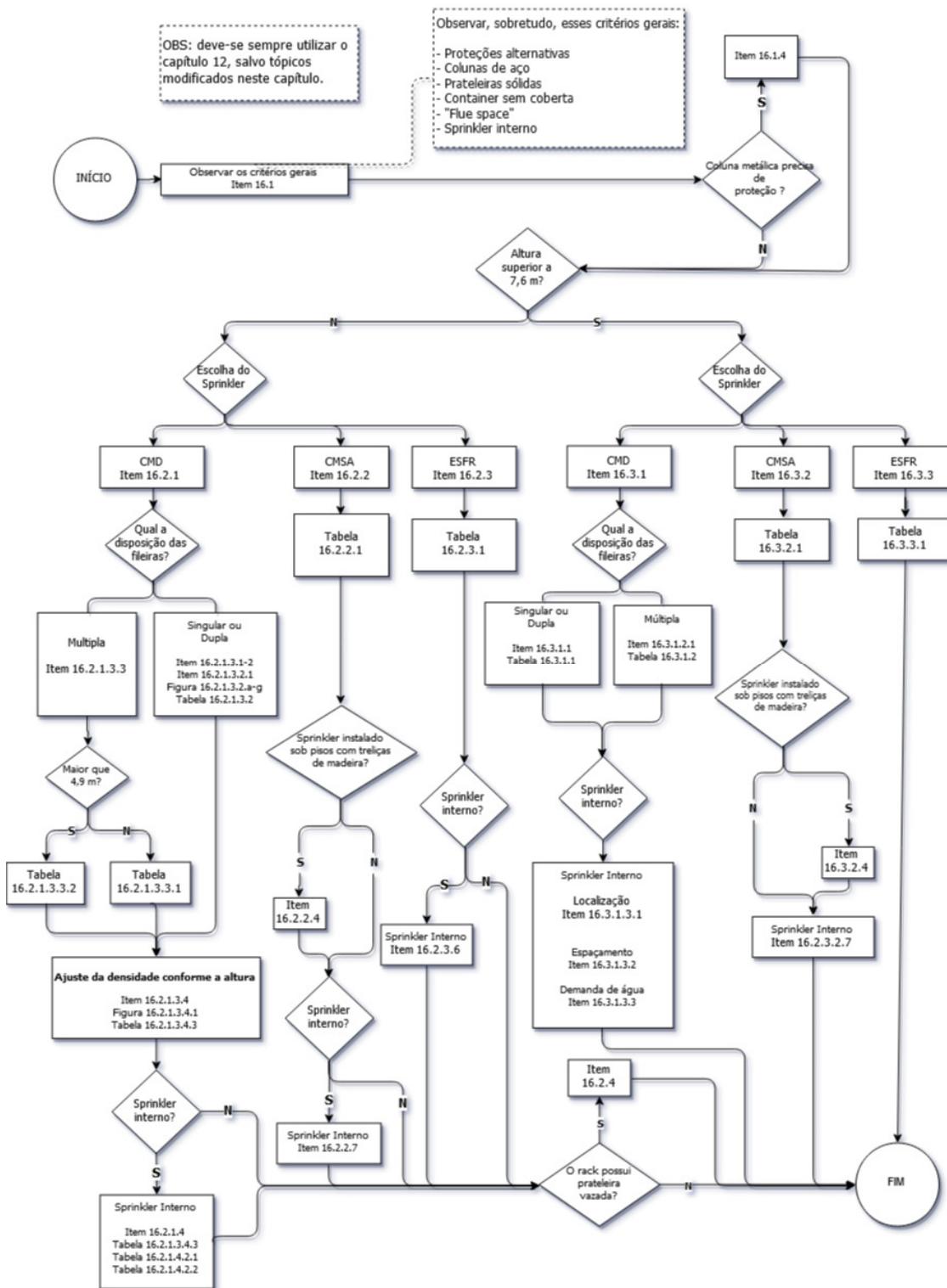
Fonte: O Autor, 2019.

Figura 32 - Fluxograma NFPA13:16, subprocesso 2.



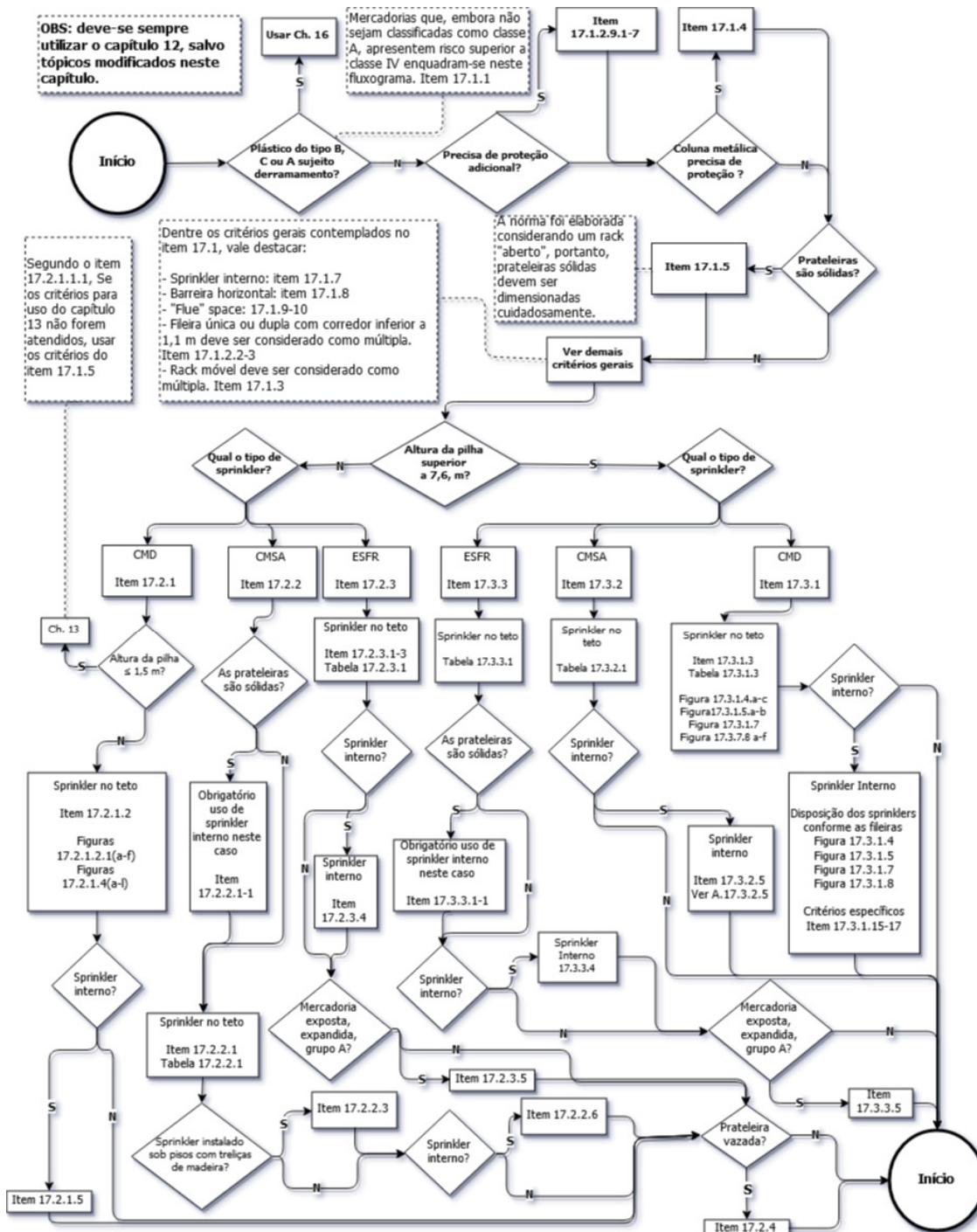
Fonte: O Autor, 2019.

Figura 33 - Fluxograma NFPA13:16, subprocesso 3.



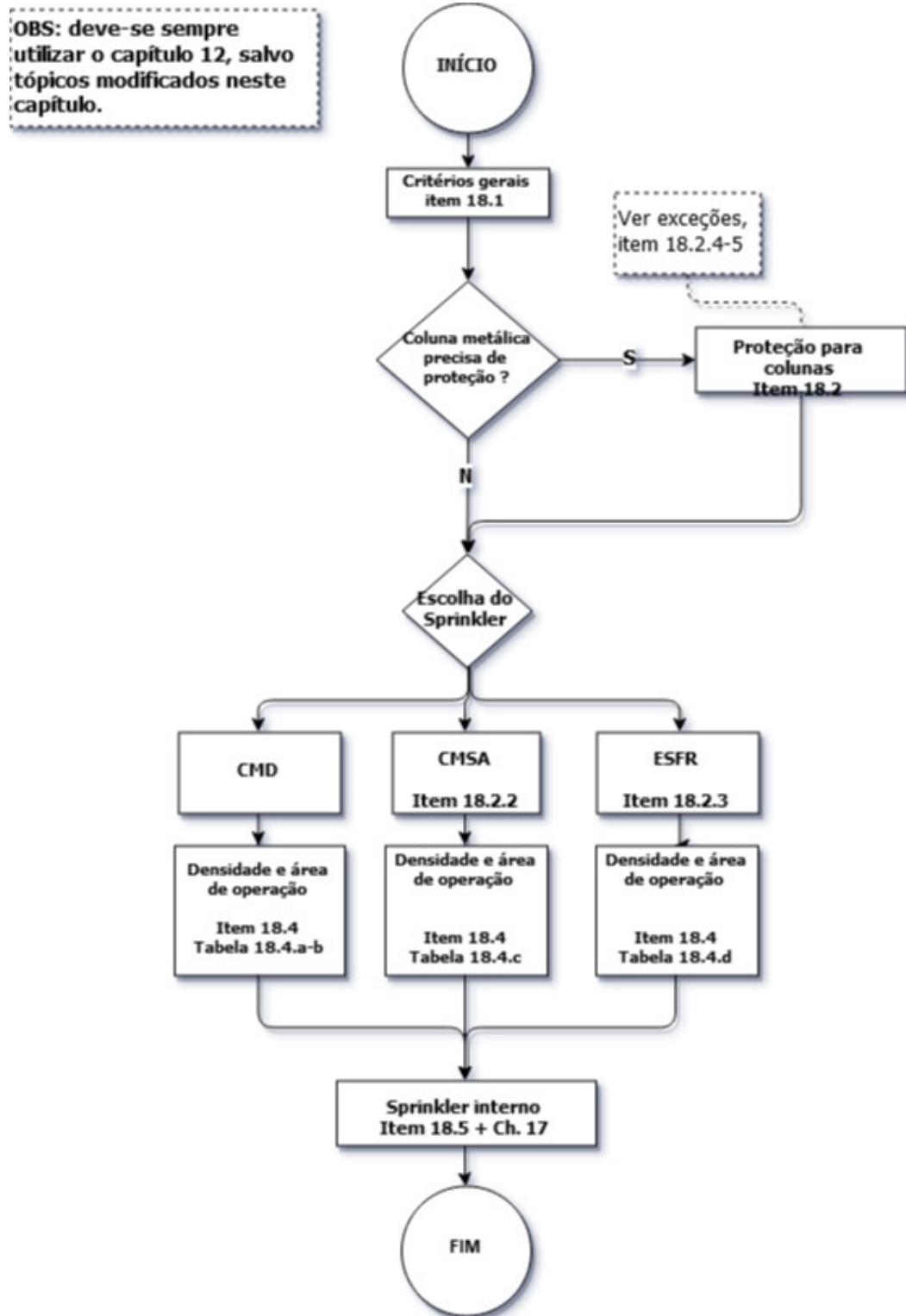
Fonte: O Autor, 2019.

Figura 34 - Fluxograma NFPA13:16, subprocesso 4.



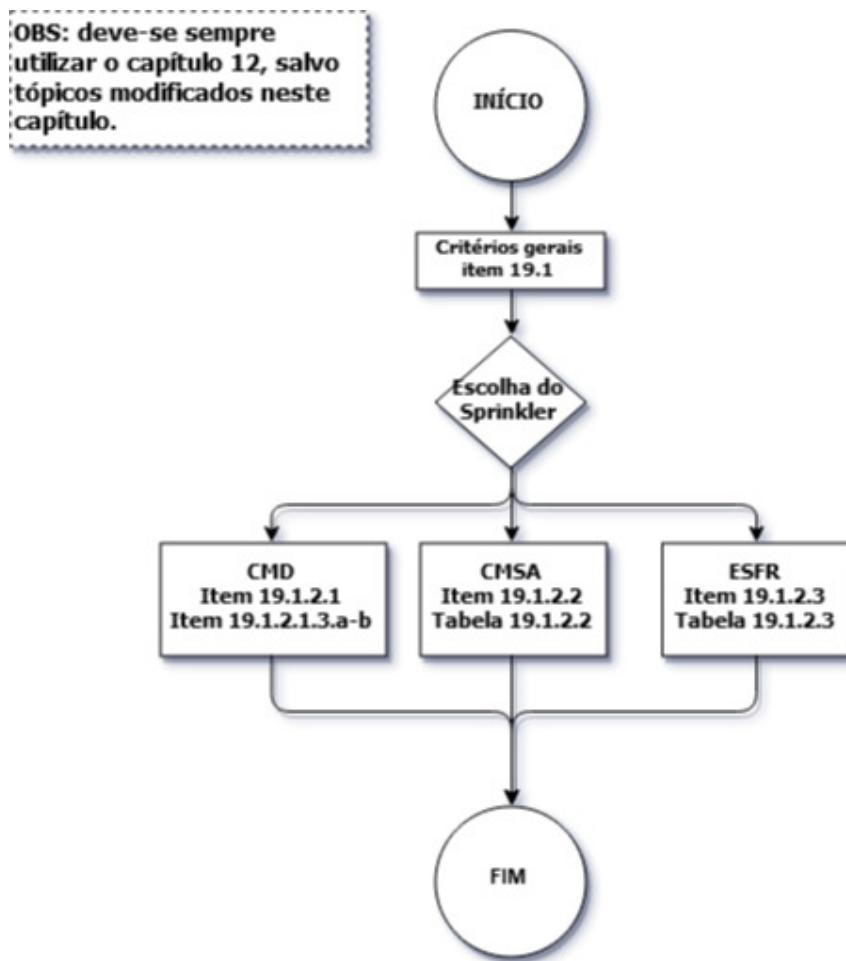
Fonte: O Autor, 2019.

Figura 35 - Fluxograma NFPA13:16, subprocesso 5.



Fonte: O Autor, 2019.

Figura 36 - Fluxograma NFPA13:16, subprocesso 6.



Fonte: O Autor, 2019.

## 7 ANÁLISE

Como observado, embora as especificações apresentadas para o dimensionamento pela norma brasileira possuam metodologias de cálculo semelhantes o suficiente para se afirmar que a NBR 13792 trata-se de uma reprodução de versões anteriores da NFPA 13, é notória a ausência de alguns critérios por parte da norma brasileira em alguns pontos. No dimensionamento para chuveiros do tipo ESFR ou CMSA, a NBR fornece uma lista dos casos que esses sistemas são recomendados, informando os valores de pressão, fator K e demanda. Por exemplo, armazenamento em palete de plástico expandido com altura de até 5,5 m deverá apresentar pressão de 345 kPa para chuveiro do tipo CMSA. A NBR também preconiza a utilização desses chuveiros para os demais casos. No entanto, ela não diz exatamente como seria feito este dimensionamento. Restringe-se apenas a dizer que “é permitido”. Diferentemente, a NFPA13 trata do dimensionamento desses tipos de chuveiros em cada capítulo. Não há uma lista específica, mas sim tabelas com os critérios necessários dispostos nos capítulos específicos.

Vale destacar a ausência de citação ao sistema de porta-pallets. A NFPA 13 reserva dois capítulos específicos sobre o dimensionamento de porta-paletes, sendo um para mercadorias I a IV e o outro para mercadorias constituídas de plástico ou borracha. Por si só, a ausência deste critério já caracteriza a norma como obsoleta, afinal de contas, o sistema de porta paletes é uma maneira de organização de estoque muito popular. Há nas legislações estaduais como, por exemplo, na instrução normativa nº24 do estado de São Paulo critérios suficientes para o dimensionamento de chuveiros automáticos com armazenamento em tipo rack. Todavia, embora possa ser utilizada como base de referência por projetistas de outros estados, seu uso obrigatório está restrito ao estado de São Paulo.

A falta do estabelecimento de critérios relativos a sistema de porta-paleta, implica na ausência de alguns outros critérios ligados ao tema, que são fundamentais: estabelecimento de chuveiros internos, barreiras verticais e horizontais. Quando o risco de incêndio é elevado, a NFPA prescreve a instalação de chuveiro internos no porta paletes, com especificação sobre espaçamento dos chuveiros pressão mínima e densidade para cada caso. Como a NBR não prevê sistema de porta paletes ela não aborda este caso específico. Por outro lado, a norma brasileira prevê chuveiros automáticos internos para o caso de prateleiras e caixas de armazenamento acima de 3,7 m, de uma maneira geral, isto é, ela especifica sobre pressão mínima, ou densidade conforme cada caso. Ela, simplesmente, recomenda o uso dos chuveiros automáticos nas prateleiras, no caso referido, mas não estabelece sobre os parâmetros de pressão, fator K e etc.

A norma brasileira também não faz recomendação para um sistema de proteção de pilares metálicos que estejam eventualmente circundados por mercadorias. Portanto, a prescrição para instalação de chuveiros automáticos internos ou laterais, com o objetivo de proteger tal estrutura, é inexistente. Outro ponto também importante, que a NBR 13792 é ausente no que diz respeito ao sistema de ventilação. O sistema de ventilação pode retardar a detecção do incêndio pelo chuveiro. Sendo assim a NFPA proíbe, nestes casos, a utilização de chuveiros do tipo ESFR. Por fim, a NBR 13792, diferentemente da NFPA 13, não aborda critérios diferenciados relativos ao armazenamento de pneus, fardos ou rolo de papel.

Em suma pode-se resumir os aspectos mais identificados mais relevantes são:

- a) Ausência de dimensionamento para sistemas tipo rack – porta paletes – para mercadorias de classe I a IV.
- b) Ausência de critérios de dimensionamento para sistemas tipo rack – porta paletes – em mercadorias com plástico.
- c) Não estabelecer parâmetros no que diz respeito ao cuidado sobre colunas metálicas próximas as pilhas.
- d) Não prever de maneira satisfatória os casos de dimensionamento de chuveiros automáticos interno em prateleiras.
- e) Não estabelecer nenhuma especificação diferenciada para depósitos cuja mercadoria armazenada possua características especiais como pneus, rolos de palete ou fardos.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo comparar as especificações de projeto para sprinkler em depósitos conforme a NBR 13792:1997 com as especificações da NFPA 13:2016. Para isso, foram descritos os processos de dimensionamento contemplados em ambas as normas, seguido de uma análise comparativa entre elas.

A partir da comparação, pode-se dizer que o objetivo principal foi alcançado: verificar a atualidade da norma brasileira. A análise revelou a existência de omissões relevantes na NBR quando comparada à norma internacional, conforme citado no tópico anterior. Dessarte, pode-se dizer que de fato a norma brasileira estudada não é capaz de contemplar os critérios mínimos para o dimensionamento. Isso se revela bastante preocupante, em razão da relevância que as normas da ABNT possuem, dada sua influência nas legislações de combate a incêndio nos estados da federação.

Ademais, a ausência de uma norma técnica nacional atual sobre o assunto faz com que os engenheiros responsáveis pelo projeto forçosamente utilizem normas internacionais para suplantar tais lacunas. Em virtude desse fato, surge a necessidade do estudo de outras normas internacionais de referência nos assuntos como, por exemplo, as fichas técnicas da FM global específicas sobre o tema.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.897**: Sistema de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13714**: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13860**: Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13792**: proteção contra incêndio, por sistema de chuveiros automáticos, para áreas de armazenamento em geral - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BEATTIE, W. S. **Evolution of the fire sprinkler**. Disponível em: [http://www.axa-matrixrc.com/documents/Evolution\\_of\\_the\\_Fire\\_Sprinkler.pdf](http://www.axa-matrixrc.com/documents/Evolution_of_the_Fire_Sprinkler.pdf). Acesso em: 17 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 23** - Proteção contra incêndios. Brasília: Editora do Diário oficial da União, 2011.

BRENTANO, Telmo. **Instalações hidráulicas de combate a incêndio nas edificações**. 5. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2016.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **IT24**: Sistema de chuveiros automáticos para áreas de depósito. São Paulo, 2011.

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

FIREQUEST. Fire sprinkler systems. 2019. Disponível em: <https://www.firequest.com.au/fire-sprinkler-systems>. Acesso em: 7 set. 2019.

FLORES, Bráulio Cançado *et al.* **Fundamentos de Combate a Incêndio –Manual de Bombeiros**. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Goiânia-GO, 1<sup>a</sup>ed: 2016, 150p.

INTERNATIONAL FIRE PROTECTION. 2018. Disponível em: <https://ifpmag.mdm publishing.com/cheaper-systems-using-extended>. Acesso em: 7 set. 2019.

MARIO, L. **Análise comparativa de custos entre os sistemas de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado**: sistema aberto e fechado. 2007. 67 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MIRANDA, Daniel H.; SOUZA, Rafael F. **Proteção por sprinkler em depósitos de grande altura**. São Paulo: Instituto sprinkler Brasil, 2018.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 13**: Standard for the Installation of Sprinkler Systems. Quincy, MA: NFPA, 2013.

PEREIRA, Á. G.; POPOVIC, R. R. **Tecnologia em segurança contra incêndio**. São Paulo: LTR, 2007.

PUCHOVSKY, Milosh *et al.* **SFPE handbook of fire protection engineering**. 4. ed. Greenbelt, USA: Springer, 2016.

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

SKOP. Sprinklers: o guia essencial.2019. Disponível em:  
<http://www.skop.com.br/2018/05/29/sprinklers-o-guia-essencial/>. Acesso em: 7 set. 2019.