

CENTRO UNIVERSITARIO UNIFAAT  
ENGENHARIA CIVIL

FERNANDO RODRIGUES MARTINS  
NORTON NICHELE DE MATTOS  
VINICIUS ALVES PINTO

ESTUDO DAS NORMAS TÉCNICAS E INSTRUÇÕES TÉCNICAS NA  
PREVENÇÃO E COMBATE AO INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS  
PAVIMENTOS

ATIBAIA -SP

2019

FERNANDO RODRIGUES MARTINS

NORTON NICHELE DE MATTOS

VINICIUS ALVES PINTO

ESTUDO DAS NORMAS TÉCNICAS E INSTRUÇÕES TÉCNICAS NA  
PREVENÇÃO E COMBATE AO INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS  
PAVIMENTOS

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Centro Universitário  
UNIFAAT, para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Henrique Raymundo

ATIBAIA - SP

2019

## **AGRADECIMENTO**

Gostaria de agradecer ao professor e orientador Henrique Raymundo, pela sua paciência, dicas, conselhos e todos os aprendizados que ele nos transmitiu ao longo do curso, além da realização deste estudo.

À instituição UNIFAAT, onde nos deu toda a estrutura e capacitação necessária para que nos tornássemos engenheiros formados.

À nossas famílias, pelo total apoio, carinho e afeto ao decorrer desta jornada de formação em engenheiros.

Aos nossos amigos, que em diferentes ocasiões nos apoiaram e nos deram dicas valiosas na elaboração deste trabalho, além de estar conosco em toda essa jornada também.

E por fim, agradecer a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para que esse trabalho de conclusão de curso, fosse possível.

## Resumo

O atual trabalho de conclusão de curso (TCC) apresenta um estudo geral sobre as normas e instruções técnicas (IT's) vigentes de prevenção e combate ao incêndio aplicados em edifícios de múltiplos pavimentos. Ele propõe ao profissional habilitado um resumo das normas e suas aplicações em um edifício, para que ele se atente a alguns detalhes que possam passar despercebidos. Detalhes estruturais e arquitetônicos que devem ser levados em consideração ao planejar e projetar um edifício. Através de um estudo de caso de um edifício multifamiliar, foi aplicado todas as normas estudadas, para analisar como uma estrutura deve ser para que ela esteja de acordo com as normas e com as instruções técnicas vigente do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Tendo isso, analisou se algumas diferenças entre os tais documentos utilizados para se adequar um edifício para a prevenção e combate ao incêndio. Tendo todas essas análises feitas, foi necessário realizar mudanças as quais o prédio não contava antes, como as antecâmaras necessárias para a escada de incêndio. E com isso, observou-se a importância de uma análise entorno das normas e instruções técnicas acerca do planejamento arquitetônico do edifício. Além disso, houve uma análise dos elementos estruturais presentes a um edifício, como vigas, pilares e laje, em como se pode garantir uma resistência maior de tais elementos para um possível incêndio. Seja aumentando a distância da bitola para a face da peça, seja usando produtos que garantam uma maior proteção.

**Palavras chaves:** Fogo; Combate; Instrução Técnica; Edifício

## **Abstract**

The term paper (TCC) presents a general study of the prevailing fire prevention and firefighting standards and technical instructions (IT's) applied to multi-story buildings. He proposes to the skilled professional a summary of the standards and their applications in a building, so that he can pay attention to some details that may go unnoticed. Structural and architectural details that must be taken into consideration when planning and designing a building. Through a case study of a multifamily building, it was applied all the studied standards, to analyze how a structure should be so that it complies with the norms and the technical instructions in force of the São Paulo State Fire Department. Therefore, some differences were analyzed between the documents used to fit a building for fire prevention and firefighting. And with that, it was observed the importance of an analysis around the norms and technical instructions about the architectural planning of the building. In addition, there was an analysis of the structural elements present in a building, such as beams, pillars and slab, on how to ensure greater resistance of such elements to a possible fire. Whether increasing the gauge distance to the face of the part, or using products that provide greater protection.

**Keywords:** Fire; Combat; Technical instruction; Building

## Resumen

El trabajo de finalización del curso actual (TCC) presenta un estudio general de las normas e instrucciones (IT) vigentes de prevención de incendios y lucha contra incendios aplicadas a edificios de varios pisos. Propone al profesional calificado un resumen de los estándares y sus aplicaciones en un edificio, para que pueda prestar atención a algunos detalles que pueden pasar desapercibidos. Detalles estructurales y arquitectónicos que deben tenerse en cuenta al planificar y diseñar un edificio. A través de un estudio de caso de un edificio multifamiliar, se aplicaron todos los estándares estudiados, para analizar cómo debe ser una estructura para que esté de acuerdo con las normas y las instrucciones técnicas actuales del Departamento de Bomberos del Estado de São Paulo. Por lo tanto, se analizaron algunas diferencias entre los documentos utilizados para adaptar un edificio a la prevención y lucha contra incendios. Y con eso, se observó la importancia de un análisis en torno a las normas e instrucciones técnicas sobre la planificación arquitectónica del edificio. Además, se realizó un análisis de los elementos estructurales presentes en un edificio, como vigas, pilares y losas, sobre cómo se puede garantizar una mayor resistencia de dichos elementos a un posible incendio. Ya sea aumentando la distancia del medidor a la cara de la pieza, o usando productos que brindan mayor protección.

**Palabras llave:** fuego; Combate; Instrucción técnica; edificio

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Triângulo e Tetraedro do fogo .....	14
Figura 2 – Exemplo de propagação do fogo .....	18
Figura 3 – Edifício Joelma .....	18
Figura 4 – Saída de Emergência.....	19
Figura 5 – Antecâmara.....	70
Figura 6 – Caminho para a saída de emergência .....	71
Figura 7 – Croqui de viga de 40x80 cm.....	78
Figura 8 – Croqui do pilar 50x50 m .....	79
Figura 9 – Croqui da laje alveolar de h=15 cm.....	80
Figura 10 - Croqui da laje alveolar de h=20 cm.....	81
Figura 11 - Croqui da laje alveolar de h=25 cm.....	82

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Classificação das edificações quanto à sua ocupação.....	20
Tabela 2 - Classificação das edificações quanto à altura.....	21
Tabela 3 - Classificação das edificações quanto às suas dimensões em planta .....	23
Tabela 4 – Classificação das edificações quanto às suas características construtivas .....	24
Tabela 5 - Dados para o dimensionamento das saídas .....	25
Tabela 6 - Número de saídas e tipos de escadas .....	29
Tabela 7 – Exigência de alarme .....	33
Tabela 8 – Distância máximas a serem percorridas.....	34
Tabela 9 – Risco Classe A .....	40
Tabela 10 – Riscos Classe B .....	41
Tabela 11 – Tempo requerido de resistência ao fogo, em minutos .....	44
Tabela 12 – Valores das cargas de incêndio específicas.....	45
Tabela 13 – Classificação das edificações quanto a sua carga de incêndio específica.....	45
Tabela 14 - Dados para o dimensionamento das saídas .....	47
Tabela 15 – Sinalização de equipamento .....	51
Tabela 16 – Indicações das condições de usos de portas corta-fogo.....	53
Tabela 17 – Sinalização de proibição.....	54
Tabela 18 - Características para lajes bi apoiadas.....	56
Tabela 19 - Características para lajes bi apoiadas.....	57
Tabela 20 – Relação de redução de cortante.....	58
Tabela 21 – Áreas típicas de escape para quatro tipos de PCF .....	61
Tabela 22 – Classe de agressividade ambiental (CAA) .....	76
Tabela 23 - Quadro de informação da análise da laje de h=15 cm .....	80
Tabela 24 - Quadro de informação da análise da laje de h=20 cm .....	81
Tabela 25 - Quadro de informação da análise da laje de h=25 cm .....	82

## Sumário

1. Introdução.....	11
1.1    Objetivos .....	11
1.1.1    Objetivos geral .....	11
1.1.2    Objetivos específicos.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
1.2    Justificativa .....	12
1.3    Metodologia .....	12
2. Conceitos básicos sobre o Fogo.....	13
2.1    Fogo.....	13
2.2    Efeitos e reações do fogo .....	14
2.3    Possíveis causas de um incêndio.....	16
2.4    Tipos de combustão .....	16
2.5    Propagação do fogo .....	17
2.7    Incêndio edifício Joelma.....	18
3. Utilização das NBRs de prevenção e combate ao incêndio.....	19
3.1    NBR 9077/ 2001 – Saídas de Emergência em Edifícios .....	19
3.1.1    Passos para se utilizar a NBR 9077/ 2001 .....	20
3.2    NBR 11742/ 2003: Porta Corta-fogo para Saída de Emergência.....	35
3.2.1    Utilização da NBR 11742/ 2003.....	36
3.3    NBR 12693/ 2013: Sistemas de proteção por extintor de incêndio.....	37
3.3.1    Utilização da NBR 12693/ 2013.....	39
3.4    NBR 14432/ 2001 Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento .....	42
3.4.1    Utilização da NBR 14432/ 2001.....	43
3.5    NBR 14880/ 2014 – Escada de Segurança – Controle de Fumaça por pressurização .....	46
3.5.1    Utilização da NBR 14880/ 2014.....	46
3.6    NBR 10898/ 2000 – Sistema de Iluminação de Emergência .....	48
3.6.1    Utilização da NBR 10898/ 2000.....	49
3.7    NBR 13434-2/ 2004 – Sinalização de segurança contra incêndio e Pânico .....	50
3.7.1    Utilização da NBR 13434-2/ 2004 .....	50

3.8	NBR 15200: 2012 Projetos de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento.....	55
3.8.1	Utilização da NBR 15200/ 2012.....	55
3.9	NBR 9062/ 2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto Pré-moldado.....	56
4.	Comparação da NBRs com as IT/ NT do estado de São Paulo .....	59
4.1	IT 11/ 2019 (Saídas de Emergência) com a NBR 9077/ 2001 e a NBR 11742/ 2003 .....	59
4.2	IT 21/ 2019 (Sistema de proteção por extintores de incêndio) com a NBR 12693/ 2013 ....	60
4.3	IT 08/ 2019 (Segurança Estrutural contra Incêndio) com a NBR 14432/ 2001 .....	61
4.4	IT 13/ 2019 (Pressurização de escada de incêndio) com a NBR 14880/ 2014 .....	61
4.5	IT 18 (Iluminação de emergência) com a NBR 10898/ 2000.....	62
4.6	IT 20/ 2019 (Sinalização de emergência) com a NBR 13434-2/ 2004 .....	62
4.7	IT 10/ 2019 (Controle de Materiais de Acabamento e de Revestimento) .....	63
4.8	IT 09/ 2019 (Compartimentalização Horizontal e Compartimentalização Vertical) .....	63
5.	Equipamentos e Materiais para o aumento do TRRF .....	63
5.1	Introdução.....	63
5.2	Materiais .....	65
5.2.1	Gesso .....	66
5.2.2	Mantas.....	66
5.2.3	Tintas.....	66
6.	Estudo de Caso .....	67
6.1	Introdução do projeto.....	67
6.2	Aplicação da NBR 9077/ 2001 (Saída de Emergência em Edifícios).....	67
6.3	Aplicação da NBR 11742/ 2003 (Porta Corta-fogo para Saída de Emergência) .....	71
6.4	Aplicação da NBR 12693/ 2013 (Sistemas de proteção por extintor de incêndio).....	72
6.5	Aplicação da NBR 14432/ 2001 (Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento).....	73
6.6	Aplicação da NBR 14880/ 2014 (Escada de Segurança – Controle de Fumaça por pressurização).....	73
6.7	Aplicação da NBR 9062/ 2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto Pré-moldado	74
6.8	Aplicação da NBR 10898/ 2000 – Sistema de Iluminação de Emergência.....	74
6.9	Aplicação da NBR 15200/ 2012 (Projetos de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento).....	75

6.10	Aplicação da NBR 13434-2/ 2004 – Sinalização de segurança contra incêndio e Pânico .....	75
7.	Análise para a resistência estrutural das vigas e pilares .....	75
7.1	Análise Global da Estrutura.....	76
7.2	Análise das vigas protendidas (40x80) fck =40MPa .....	78
7.3	Análise dos pilares armados (50x50) fck =40MPa.....	79
8.	Análise para a resistência estrutural para as lajes.....	79
8.1	Análise das lajes .....	80
8.1.1	Laje de 15 cm.....	80
8.1.2	Laje de 20 cm.....	81
8.1.3	Laje de 25 cm.....	82
8.2	Laje com proteção inferior e fundo exposto.....	83
8.2.1	Forro de gesso .....	83
9.	Conclusão.....	84
10.	Referências bibliográficas .....	85
	ANEXO A – Projeto Arquitetônico .....	90
	ANEXO B – Entrevista com o bombeiro.....	94

## **1. Introdução**

Incêndios fazem parte da sociedade desde sua origem. Onde provavelmente deve-se à descoberta do fogo através de um incêndio natural na floresta, causada por um raio. Em conjunto com a descoberta, foi observado que o fogo, necessita de um mínimo controle, pois pode acarretar danos sérios ao seu redor. E com essa premissa, o homem foi desenvolvendo métodos para se combater e prevenir um fogo descontrolado. Métodos as quais estão sendo desenvolvidos até os dias atuais.

Na sociedade moderna, os riscos são diferentes para um homem antigo, apesar do fogo causar o mesmo dano. Agora vivemos em prédios, podendo ser para moradia, ou para trabalho ou até mesmo para estudarmos. Já se perguntou o que aconteceria caso um incêndio se iniciasse onde você está nesse exato momento? A pessoa que projetou este lugar pensou em como você sairia daí sem muitas sequelas?

Atualmente, existem Normas e Instruções Técnicas que podem responder essa pergunta. Documentos as quais um profissional deve seguir para que não ocorra casos de incêndio como o Edifício Joelma, em São Paulo. Com esse caso em mente, este estudo deve abranger os requisitos que o edifício precisa seguir para que ele se adeque as normas e instrução técnica para ter uma análise mais arquitetônica e funcional do projeto do edifício de múltiplos pavimentos.

### **1.1 Objetivos**

#### **1.1.1 Objetivos geral**

Orientar e apresentar de uma forma simplificada o dimensionamento do sistema de prevenção e combate ao incêndio de um edifício de múltiplos pavimentos, para que ela se adeque as normas e instruções técnicas vigentes de prevenção e combate ao incêndio. Além de apresentar maneiras (tipologias de materiais) de amenizar o efeito do fogo na estrutura principal.

#### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Conhecer e comparar as Instruções Técnicas e Normas vigentes atuais no Brasil de Combate a incêndio em edifícios (advindas do (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019) e da ABNT, respectivamente);
- Verificar cada componente arquitetônico e dispositivos de segurança que integram o sistema e analisar como eles atuam ao combate ao incêndio e também na manutenção da edificação caso o incêndio não seja contido inicialmente;
- Descobrir como o incêndio afeta os componentes estruturais de uma edificação em concreto armado, como viga, pilar e laje;
- Definir procedimentos e produtos para amenizar os efeitos negativos de um incêndio na estrutura;

## **1.2 Justificativa**

Estudar a aplicação das normas vigentes de combate ao incêndio nas estruturas, é uma forma de analisar como essas normas atuam no Brasil, se elas são viáveis em suas aplicações e como isso interfere na segurança geral do edifício bem como os impactos no momento do projeto. Além disso, é indicado como o fogo pode danificar uma estrutura que anteriormente não foi projetada para tal intempérie e investigar quais são as melhores soluções para amenizar o efeito do fogo na estrutura principal do prédio.

Em estruturas de múltiplos pavimentos, o impacto que um possível incêndio pode trazer é grande escala. Deste modo, a correta definição dos equipamentos de combate e materiais a serem aplicados são de grande importância no levantamento inicial de informações da obra. Caso o incêndio aconteça, as soluções apresentadas ainda no projeto arquitetônico são as que trarão segurança para a evacuação (isto contempla a correta definição de posicionamento de escadas e largura, dimensão de portas e corredores e correto posicionamento das saídas de incêndio).

## **1.3 Metodologia**

O método de pesquisa utilizado neste trabalho é o qualitativo, com uma abordagem mais analítica das normas vigentes de combate a incêndio em relação a

sua aplicação em estruturas de edifícios de pré-fabricados. Também é utilizado o método de pesquisa quantitativo, onde se utiliza dados provenientes de diversas fontes para que se tenha uma análise mais abrangente em torno do assunto.

Essa pesquisa tem um propósito explicativo, onde se tem pleno conhecimento das normas empregadas nos edifícios para o combate ao incêndio. Porém o papel maior dessa pesquisa é analisar os impactos que determinadas ações podem causar no aumento da segurança da estrutura e da segurança de seus residentes.

Assim, historicismos sobre como essas normas surgirão e foram adotadas no Estado de São Paulo e no Brasil; entrevistamos um profissional do Corpo de Bombeiros, onde ele nos contextualizou sobre a importância de um aglomerado de ações no combate ao incêndio em prol a vida humana; definimos os componentes de arquitetura, para uma edificação em concreto pré-fabricado, considerando os impactos das normas; realizamos um estudo de caso e definimos quais tecnologias contribuem para que haja uma amenização dos efeitos de um incêndio na estrutura principal de pré-fabricados.

## **2. Conceitos básicos sobre o Fogo**

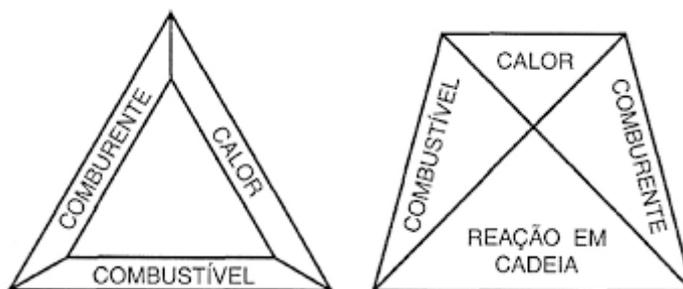
### **2.1 Fogo**

Desde que nossos ancestrais descobriram que bater uma pedra contra outra ocasionava faíscas, que perto de plantas ou materiais secos produzia fogo, nossa história de milhões de anos não foi mais a mesma. Com o fogo foi possível realizar tudo o que se vê ao nosso redor, e nos desenvolver.

De acordo com Junior (2013, pg. 15), “o fogo é um processo químico de transformação, também chamado combustão, de materiais combustíveis e inflamáveis[...] Em uma definição mais simples: fogo é uma reação química que produz luz e calor”. Nesse processo, o material geralmente reage com o oxigênio, que em uma reação em cadeia, gera o fogo.

O fogo em si é formado por três princípios básicos, que são o calor, comburente e combustível, como mostra na figura 1.

Figura 1 – Triângulo e Tetraedro do fogo



Fonte: < <http://www.jornaldosudoeste.com.br/> >, acesso em: setembro, 2019

O calor é o que inicia a reação química do fogo no comburente e combustível, que podem ser diferentes elementos disponíveis no local da ocorrência do fenômeno. O comburente mais comum é o oxigênio, por conta da sua fácil oxidação (troca de elétrons) entre os materiais presentes. Se adicionarmos o quarto princípio, a reação em cadeia, temos um tetraedro do fogo, que é utilizado como base para o combate ao fogo. Se retirar qualquer um dos quatro princípios que forma o fogo no ambiente, ele se extingue.

Ainda que o fogo tenha sua utilidade, ele pode trazer danos terríveis. Sem o devido cuidado, é uma força da natureza que devora qualquer material comburente por perto. Normalmente, ele começa pequeno, com um pequeno foco, e vai se espalhando. Tendo a capacidade de combater esse incêndio, deve-se eliminá-lo de forma segura e eficiente, com os métodos adequados. Antes, não tínhamos conhecimento para lidar com o fogo, e deixávamos ele se espalhar incontrolavelmente. Atualmente, temos conhecimento para saber que o fogo nada mais é do que uma reação química, a qual é possível interromper.

## 2.2 Efeitos e reações do fogo

O Tetraedro do fogo é a melhor forma de apresentação desse conceito de efeito e reação. Em todos os casos o fogo é um processo químico exotérmico (libera calor) com base em combustão, mas para que exista combustão é necessário que haja quatro elementos nesse processo que são eles: Combustível, Comburente, Temperatura de Ignição, Reação em cadeia. (MARCELLI, 2017)

Combustível é tudo o que fornece energia para entrar em combustão, a variedade desse elemento pode-se resultar em diversas reações e efeitos químicos

dependendo do material que entrou em combustão. Variando de fumaça com alto teor de monóxido de carbono até materiais que sofrem flashover e gotejamento inflamável, fumaça com monóxido de carbono pode levar alguma pessoa a óbito em certa de 2 a 5 minutos. Alguns desses materiais são Madeira, papel, MDF, Tintas, Alguns Metais, estofados e etc. (MARCELLI, 2017)

Comburente é todo elemento que reage quimicamente com o combustível, em 90% dos casos o principal comburente é o oxigênio.

A temperatura de Ignição é a alta temperatura devido a reação química entre o combustível e o comburente, que permite que a tal reação entre em combustão, ou seja, queime.

Reação em cadeia ocorrem durante o fogo, produzindo sua própria energia de ativação (calor), enquanto há comburente e combustível para queimar, assim mantendo o fogo aceso e a combustão continua até o termino de um dos elementos (combustível, comburente ou baixa temperatura).

Existem três etapas que definem o estágio do fogo, estagio incipiente, estagio latente e estagio em chamas. Estagio incipiente é a região onde ocorre um pré-aquecimento, gerando assim os primeiros sinais de uma pirólise (reação com alta temperatura que libera gases voláteis que formam as chamas), estagio latente é a região com um estado de pirólise totalmente desenvolvida com início de ignição (formação das primeiras chamas) e início da combustão conjuntamente com a presença de fumaça como resultado da reação, estagio em chamas é o estágio final quando as chamas já estão presente e a reação em cadeia começa a ocorrer levando todo o material a estado de chamas com uma “rápida reação” de combustão.

Uma das principais e mais perigosa reação do fogo é a explosão, de acordo com Fire Safety Advice Center (2019) uma explosão geralmente é uma liberação muito rápida de gás de alta pressão no ambiente dissipada na forma de uma onda de choque, podendo ser classificadas como físicas e ou químicas, as ondas de choque se propagam a partir do ponto de ignição e velocidades altíssimas podendo tanto ferir uma pessoa quanto derrubar uma parede.

***“Um aumento na pressão criando uma onda de choque de 6894.76 Pascal é suficiente para derrubar uma pessoa. Se o aumento da pressão criar uma onda de choque***

***de 13789.52 Pascal para 20684.28, isso é suficiente para quebrar uma parede de concreto de 8 a 12 polegadas de espessura.”***  
***(Fire Safety Advice Center – 1 Abril de 2011)***

Portanto com essas informações fica claro que a remoção de qualquer um desses elementos (combustível, comburente, reação química e temperatura) ou controle de seus estágios de criação resultara na extinção do fogo, assim dando fim a qualquer tipo de início de reação de combustão. Assim o método de extinções mais viáveis são resfriamento (controle da temperatura), abafamento (eliminação do comburente) e isolamento (eliminação do combustível). Todos esses métodos podem ser projetados e premeditados dependendo dos materiais em seu ambiente caso haja necessidade de um tipo de controle específico (químico, físico ou elétrico).

### **2.3 Possíveis causas de um incêndio**

Sendo algo que deve ser sempre combatido, se tem um vasto conhecimento dos diversos tipos de causas que um incêndio pode ter. Um incêndio pode ter suas causas naturais, através de um raio, ou causas humanas, como acidentes ou mesmo causas propositais. De qualquer forma, deve-se estar atento as diversas possibilidades. Com explica Junior (2013, pg. 28), a eletricidade é uma das causas mais comuns dos grandes incêndios. Sem uma vistoria e planejamento adequado, os riscos que um incêndio se inicie por conta de um curto circuito ou uma descarga elétrica proveniente de raios ocasionam terríveis perigos para os residentes do edifício.

Outras causas de incêndios comuns são provenientes de indústrias que lidam com o fogo, com máquinas que lidam com fogo, cozinhas, com fogões e botijões de gás, entre outros.

### **2.4 Tipos de combustão**

Para o fogo se propagar, é necessário haver algum tipo de combustão, ou seja, uma forma do fogo se alimentar. Ela pode ser ativa, lenta, explosiva e espontâneas. Essas classificações se dão pela velocidade que há na combustão do material, e

consequentemente, da quantidade disponível de comburente. Os tipos de combustão existentes são:

- Combustão ativa: produz luz e calor; ambiente rico em oxigênio.
- Combustão lenta: produz apenas calor; ambientes pobres em oxigênio.
- Explosão: produz luz e calor muito rápido; dilata rapidamente o gás e provocam uma pressão altíssima aos redores da reação.
- Combustão espontânea: acúmulo de calor em função da fermentação de certos vegetais; também pode ser produzido misturando materiais específicos.

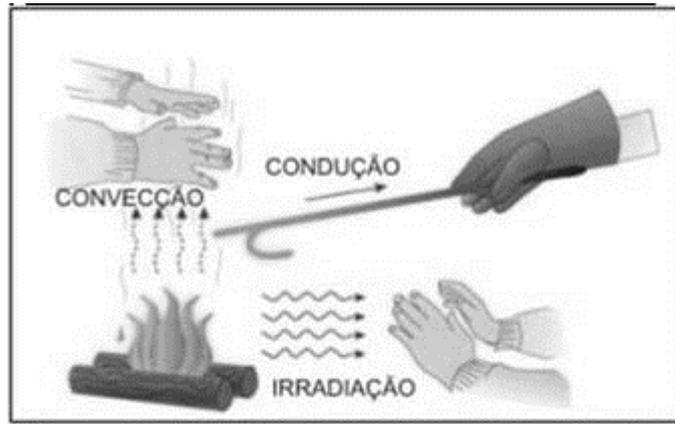
## **2.5 Propagação do fogo**

O fogo tem duas formas de se propagar. Por contato direto e pelo calor. Pelo calor, há três formas de se transmitir, e assim, propagando o fogo.

- Condução: é a forma que o fogo se propaga através do contato do fogo ao material e a transmissão do calor através do mesmo.
- Convecção: é a forma que o fogo se propaga através do gás aquecido pelo fogo, que se encontrar outro combustível, faz com que esse material atinja o estado de combustão. Sua forma de propagação é comum em prédios através de escadas e elevadores não planejados corretamente para esse tipo de situação.
- Irradiação: é a forma que o fogo se propaga através da radiação de ondas de calor. Diferente da condução e convecção, ele não necessita de um meio material para se propagar.

Esses três modos de propagação do fogo são exemplificados na figura 2.

Figura 2 – Exemplo de propagação do fogo



Fonte: < [www.fogoeincendio.com/](http://www.fogoeincendio.com/) > acesso em: setembro, 2019

## 2.7 Incêndio edifício Joelma

Um trágico acidente ocorrido no centro de São Paulo no dia 01 de fevereiro de 1974. O incêndio teve início de uma fonte elétrica (curto no sistema de ar condicionado no 12º andar) e devido à ausência de métodos de propagação e controle de chamas o incêndio tomou proporções enormes. Com mais de 8 horas de combate, 191 mortos e mais de 300 feridos o edifício Joelma ficou marcado na história, como mostra a figura 3.

Figura 3 – Edifício Joelma



Fonte: < <http://tecnodefesa.com.br/44-anos-do-incendio-no-edificio-joelma-centro-de-sao-paulo/> > acesso em: dezembro, 2019

Devido a um acidente de tamanha magnitude, se deram o início a revisão e redefinição de normas e regras do sistema de prevenções e combate a incêndios nas metrópoles brasileiras.

### **3. Utilização das NBRs de prevenção e combate ao incêndio**

#### **3.1 NBR 9077/ 2001 – Saídas de Emergência em Edifícios**

Em uma situação onde o fogo se alastrou ao ponto de trazer risco a vida dos habitantes do edifício, é necessário realizar uma evacuação ordenada, sem que haja mais riscos que o necessário para as pessoas. Para isso, as saídas de emergências devem realizar sua função ao estarem melhor posicionadas possível, dentro dos limites impostos pela arquitetura do edifício. As saídas de emergência devem também permitir o fácil acesso do corpo de bombeiros ao interior do edifício para que haja uma maior eficiência nos resgates de vítimas e ao combate ao incêndio. A figura 4 mostra um exemplo de uma saída de emergência.

Figura 4 – Saída de Emergência



Fonte: < [fireprotection.com.br](http://fireprotection.com.br) > acesso em: setembro, 2019

De acordo com a norma NBR 9077/ 2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 1), as saídas de emergências se fazem necessárias a todos os tipos de edifícios, sejam elas de altura e comprimento que for. E para que se determine as dimensões que os corredores e a porta em si deve ter, são usados os anexos 1, onde estão a tabela 1, que é usada para determinar a classificação da edificação quanto a sua ocupação; a tabela 2, que é usada para se determinar a classificação do edifício quanto à sua altura, a tabela 3, que é usada para se determinar a classificação do edifício quanto a sua dimensão em planta; a tabela 4, que é usada para determinar a classificação das edificações quanto as suas características construtivas.

Assim, para se calcular a capacidade necessária que uma saída terá que ter, usasse a tabela 5, junto com a tabela 1,

No caso da distância mínima percorrida, usasse a tabela 6, que junto com a tabela 1 e a tabela 4, se determina uma distância máximas onde, uma pessoa residente do edifício, precise percorrer sem que sua vida corra mais riscos que o necessário.

Pela tabela 7, é possível determinar o número de saídas e o número de escadas e pela tabela 8, se determina se será necessário ou não um alarme no edifício.

### 3.1.1 Passos para se utilizar a NBR 9077/ 2001

#### Passo 1

Pela tabela 1, através da descrição do edifício e sua ocupação/uso, se obtém o grupo e a divisão a qual o edifício se classifica. A tabela completa se encontra na NBR 9077/ 2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 30, 31 e 32).

Tabela 1 – Classificação das edificações quanto à sua ocupação

Grupo	Ocupação/uso	Divisão	Descrição	Exemplos
A	Residencial	A-1	Habitação unifamiliar	Casas térreas ou assombradas, isoladas ou não

		A-2	Habitações multifamiliar	Edifícios de apartamentos em geral
		A-3	Habitações coletivas (grupos sociais equivalentes à família)	Pensionatos, internatos, mosteiros, conventos, residenciais geriátricos
B	Serviços de hospedagem	B-1	Hotéis e assemelhados	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias
		B-2	Hotéis residenciais	Hotéis e assemelhados com cozinha própria nos apartamentos (incluem-se apart-hotéis, hotéis residenciais)

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9077/2001: Saídas de emergência em edifícios. Anexo A. Rio de Janeiro. Pg. 30, 31 e 32. 2001

## Passo 2

Após isso, determinar a código através da altura da edificação, através da tabela 2.

Tabela 2 - Classificação das edificações quanto à altura

	Tipo de edificação	Alturas contadas da soleira de entrada ao piso do último pavimento, não consideradas edículas
Código	Denominação	

			no ático destinadas a casas de máquinas e terraços descobertos (H)
K	Edificações térreas		Altura contada entre o terreno circundante e o piso da entrada igual ou inferior a 1,00 m
L	Edificações baixas		$H \leq 6,00 \text{ m}$
M	Edificações de média altura		$6,00 \text{ m} < H \leq 12,00 \text{ m}$
N	Edificações medianamente altas		$12,00 \text{ m} < H \leq 30,00 \text{ m}$
O	Edificações altas	0 - 1	$H > 30,00 \text{ m}$ ou
		0 - 2	Edificações dotadas de pavimentos recuados em relação aos pavimentos inferiores, de tal forma que as escadas dos bombeiros não possam atingi-las, ou situadas em locais onde é impossível o acesso de viaturas de bombeiros, desde que sua altura seja $H > 12,00 \text{ m}$

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9077/2001: Saídas de emergência em edifícios. Anexo A. Rio de Janeiro. Pg. 32. 2001

### Passo 3

Após isso, determinar em cada área do edifício um código em relação a suas dimensões em planta, através da tabela 3.

Tabela 3 - Classificação das edificações quanto às suas dimensões em planta

Natureza do enfoque		Código	Classe da edificação	Parâmetros de área
☐	Quanto à área do maior pavimento ( $s_p$ )	P	De pequeno pavimento	$s < 750 \text{ m}^2$ p
		Q	De grande pavimento	$s \geq 750 \text{ m}^2$ p
☐	Quanto à área dos pavimentos atuados abaixo da soleira de entrada ( $s_s$ )	R	Com pequeno subsolo	$s < 500 \text{ m}^2$ s
		S	Com grande subsolo	2 $s_s \geq 500 \text{ m}$
☐	Quanto à área total $S_t$ (soma das áreas de todos os pavimentos da edificação)	T	Edificações pequenas	2 $S_t < 750 \text{ m}$
		U	Edificações médias	$750 \text{ m} \leq S < 1500 \text{ m}^2$ T
		V	Edificações grandes	$1500 \text{ m}^2 \leq S < 5000 \text{ m}^2$ T
		W	Edificações muito grandes	2 $A_t > 5000 \text{ m}$

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9077/2001: Saídas de emergência em edifícios. Anexo A. Rio de Janeiro. Pg. 33. 2001

#### Passo 4

Com o grupo, divisão e o código determinado através da altura do edifício, classificar o edifício quanto a suas características construtivas, através da tabela 4

Tabela 4 – Classificação das edificações quanto às suas características construtivas

Código	Tipo	Especificação	Exemplos
X	Edificações em que a propagação do fogo é fácil	Edificações com estrutura e entrepisos combustíveis	Prédios estruturados em madeira, prédios com entrepisos de ferro e madeira, pavilhões em arcos de madeira laminada e outros
Y	Edificações com mediana resistência ao fogo	Edificações com estrutura resistente ao fogo, mas com fácil propagação de fogo entre os pavimentos	Edificações com paredes-cortinas de vidro ("cristaleiras"); edificações com janelas sem peitoris (distância entre vergas e peitoris das aberturas do andar seguinte menor que 1,00 m); lojas com galerias elevadas e vãos abertos e outros
Z	Edificações em que a propagação do fogo é difícil	Prédios com estrutura resistente ao fogo e isolamento entre pavimentos	Prédios com concreto armado calculado para resistir ao fogo, com divisórias incombustíveis, sem divisórias leves, com parapeitos de alvenaria sob as janelas ou com abas prolongando os entrepisos e outros

Nota: Os prédios devem, preferencialmente, ser sempre projetados e executados dentro do tipo "Z".

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9077/2001: Saídas de emergência em edifícios. Anexo A. Rio de Janeiro. Pg. 33. 2001

## Passo 5

Com as classificações definidas, se utiliza a tabela 5 para se obter um parâmetro de população no edifício por pavimento, além de ser obtido a capacidade unitária de passagem. Nota-se que esses dados são obtidos através da classificação determinada na tabela 1.

Tabela 5 - Dados para o dimensionamento das saídas

Ocupação		População(A)	Capacidade da U. de passagem		
Grupo	Divisão		Acessos e Descargas	Escadas(B) e rampas	Portas
A	A-1, A-2	Duas pessoas por dormitório(C)	60	45	100
	A-3	Duas pessoas por dormitório e uma pessoa por 4 m <sup>2</sup> de área de alojamento(D)			
B	-	Uma pessoa por 15,00 m <sup>2</sup> de área (E) (G)			
C	-	Uma pessoa por 3,00 m <sup>2</sup> de área (E) (J)			
D	-	Uma pessoa por 7,00 m <sup>2</sup> de área	100	60	100
E	E-1 a E-4	Uma pessoa por 1,50 m <sup>2</sup> de área (F)	30	22	30
	E-5, E-6	Uma pessoa por 1,50 m <sup>2</sup> de área (F)			
F	F-1	Uma pessoa por 3,00 m <sup>2</sup> de área	100	75	100
	F-2,F-5,F-8	Uma pessoa por m <sup>2</sup> de área (E) (G)			

	F-3, F-6, F-7	Duas pessoas por m <sup>2</sup> de área (G) (1:0,5 m <sup>2</sup> )			
	F-4	†(I)			
G	G-1, G-2, G-3	Uma pessoa por 40 vagas de veículo	100	60	100
	G-4, G-5	Uma pessoa por 20 m <sup>2</sup> de área (E)			
H	H-1	Uma pessoa por 7 m <sup>2</sup> de área (E)	60	45	100
	H-2	Duas pessoas por dormitório(C) e uma pessoa por 4 m <sup>2</sup> de área de alojamento(E)	30	22	30
	H-3	Uma pessoa e meia por leito + uma pessoa por 7,00 m <sup>2</sup> de área de ambulatório(H)			
	H-4, H-5	†(I)	60	45	100
I	-	Uma pessoa por 10,00 m <sup>2</sup> de área	100	60	100
J	-	Uma pessoa por 30,00 m <sup>2</sup> de área(J)			

(A) Os parâmetros dados nesta Tabela são os mínimos aceitáveis para o cálculo da população. Em projetos específicos, devem ser cotejados com os obtidos em função da localização de assentos, máquinas, arquibancadas e outros, e adotados os mais exigentes, para maior segurança.

(B) As capacidades das unidades de passagem (ver Nota de 3.54) em escadas e rampas estendem-se para lanços retos e saída descendente. Nos demais casos, devem sofrer redução, como abaixo especificado. Estas percentagens de redução são cumulativas, quando for o caso:

- a) lanços curvos de escadas (com degraus ingrauidos): redução de 10%;

- b) lanços ascendentes de escadas, com degraus até 17 cm de altura: redução de 10%;
- c) lanços ascendentes de escada com degraus até 17,5 cm de altura: redução de 15%;
- d) lanços ascendentes de escadas com degraus até 18 cm de altura: redução de 20%;
- e) rampas ascendentes, declividade até 10%: redução de 1% por grau percentual de inclinação (1% a 10%);
- f) rampas ascendentes de mais de 10% (máximo: 12,5%): redução de 20%.

(C) Em apartamentos de até dois dormitórios, a sala deve ser considerada como dormitório; em apartamentos maiores (três e mais dormitórios), as salas de costura, gabinetes e outras dependências que possam ser usadas como dormitórios (inclusive para empregadas) são consideradas como tais. Em apartamentos mínimos, sem divisões em planta, considera-se uma pessoa para cada 6 m<sup>2</sup> de área de pavimento.

(D) Alojamento = dormitório coletivo, com mais de 10,00 m<sup>2</sup>.

(F) Auditórios e assemelhados, em escolas, bem como salões de festas e centros de convenções em hotéis são considerados nos grupos de ocupação F-2, F-6 e outros, conforme o caso.

(G) As cozinhas e suas áreas de apoio, nas ocupações F-6 e F-8, têm sua ocupação admitida como no grupo D, isto é, uma pessoa por 7 m<sup>2</sup> de área.

(H) Em hospitais e clínicas com internamento (H-3) que tenham pacientes ambulatoriais, acresce-se à área calculada por leito a área de pavimento correspondente ao ambulatório, na base de uma pessoa por 7 m<sup>2</sup>.

(I) O símbolo "†" indica necessidade de consultar normas e regulamentos específicos (não cobertos por esta Norma).

(J) A parte de atendimento ao público de comércio atacadista deve ser considerada como do grupo C.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9077/2001: Saídas de emergência em edifícios. Anexo A. Rio de Janeiro. Pg. 34 e 35. 2001

### **Passo 6**

A largura das rotas de saída são determinadas pela seguinte fórmula 1, obtida pela NBR 9077/ 2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 7):

Formula 1 – Cálculo de Numeros de Unidades de Passagem

$$N = \frac{P}{C}$$

Onde:

N = número de unidades de passagem, arredondado para número inteiro

P = população do pavimento, dado obtido pela tabela 5.

C = capacidade da unidade de passagem, dado obtido pela tabela 5.

Assim, se averigua que a largura mínima para uma rota de saída de emergência deve ser 1,10 metros para cada duas unidades de passagem.

Caso a edificação seja do grupo H, divisão H-3, a largura mínima deve ser de 2,20 metros.

### **Passo 7**

A seguir, é necessário definir quantas saídas de emergência e qual tipo de escada será utilizada na edificação, através da tabela 6. São utilizados os dados obtidos das tabelas 1 e 2.

Tabela 6 - Número de saídas e tipos de escadas

Dimensão		P (área de pavimento ≤ 750 m <sup>2</sup> )									Q (área de pavimento > 750 m <sup>2</sup> )																						
Altura		K			L			M			N			O			K			L			M			N			O				
Ocupação		N	N <sub>o</sub>	Tip o esc	N	N <sub>o</sub>	Tip o esc	N	N <sub>o</sub>	Tip o esc	N	N <sub>o</sub>	Tip o esc	N	N <sub>o</sub>	Tip o esc	N	N <sub>o</sub>	Tip o esc	N	N <sub>o</sub>	Tip o esc	N	N <sub>o</sub>	Tip o esc	N	N <sub>o</sub>	Tip o esc	N	N <sub>o</sub>	Tip o esc		
Gr	Div.																																
A	A-1	1	1	N	1	N	-	-	-	-	1	1	N	1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	A-2*			E		E	1	E	1	P			E		E		E		E		E		E		E		E		E		P		
	A-3	1	1	N	1	N	1	P	2	F	1	1	N	2*	N	2*	P	2*	E		E		E		E		E		E		P	2*	F
		1	1	NE	1	N		E		F	1	1	NE	2	NE	2	P	2		E		E		E		E		E		P	2		
B	B-1	1	1	NE	1	E	2	PF	2	P	2	2	NE	2	EP	2	P	2		E		E		E		E		E		P	2	PF	
	B-2	1	1	EP*	1		2	PF	2		2	2	EP	2	EP	2															2	PF	
				*		E		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	
C	C-1	1	1	N	1	N	2	P	2	P	2	2	N	2	E	2	P	2		E		E		E		E		E		P	2	P	
	C-2	1	1	N	1	N	2	P	2	P	2	2	N	2	E	2	P	2		E		E		E		E		E		P	3	P	
	C-3	1	1	NE	2	E	2	PF	2	P	2	2	NE	2	EP	3	P	3		E		E		E		E		E		P	4	P	PF
D	-	1	1	NE	1	EP	1	PF	1	P	2	2	NE	2	EP	2	P	2		E		E		E		E		E		P	2	PF	
						**				P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	

E	E-1	1	1	NE	1	N	1	P	2	P	2	2	N	2	E	2	P	3	PF
				NE		E		F		F			E		P		F		PF
	E-2	1	1	NE	1	N	1	P	2	P	2	2	N	2	E	2	P	3	PF
				NE		E		F		F			E		P		F		PF
	E-3	1	1	NE	1	N	1	P	2	P	2	2	N	2	E	2	P	3	PF
				NE		E		F		F			E		P		F		PF
E-4	1	1		1	N	1	P	3	P	2	2	N	2	E	2	P	3		
					E		F		F			E		P		F			
E-5	1	1		1	E	2	P	2	P	2	2	N	2	E	2	P	3		
					P		F		F			E		P		F			
E-6	2	2		2	EP	2	PF	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	Pf	3		
F	F-1	1	1	NE	1	EP	2	E	2	P	2	2	EP	2	E	2	P	2	PF
				NE				P		F			N		P		F		PF
	F-2	1	1	NE	1	EP*	2	P	2	P	2	2	E	2	E	2	P	2	PF
				†		*		F		F			N		P		F		†
F-3	2	2	NE	2	NE	2	N	2	P	2	2	E	2	E	2	P	2	PF	
			EP*		†		E		F			†		P		F		PF	
F-4	†	†	*	†	E	†	†	†	†	†	†	†	EP	†	†	†	†	†	-
			NE		P	2	P		P		2	EP		E		P			

	F-5	2	2	NE	2	E	2	F	2	F	2	2	NE	2	P	2	F	3	PF
		2	2		2	P	-	P	-	P		2	EP	2	E	2	P	2	
	F-6					E	2	F	2	F	3			P	-	F	-		
		2	2		2	P		-		-		3		3	E	2	-	2	
	F-7					EP					2			P					
		1	1		2			P		PF		2		2	EP		PF		
	F-8							F											
G	G-1	1	1	NE	1	N	1	N	1	E	2	2	N	2	N	2	N	2	EP
				NE		E		E		P			E		E		E		PF
	G-2	1	1	NE	1	N	1	E	1	E	2	2	N	2	N	2	E	2	PF
				NE		E		P		P			E		E		P		PF
	G-3	1	1	NE	1	EP*	1	P	1	P	2	2	N	2	E	2	P	2	-
					*		F		F			E		P		F			
	G-4	1	1		1	NE	1	E	1	P	2	2	N	2	E	2	P	2	
						NE		P		F			E		P		F		
	G-5	1	1		1		-	-	-	-	2	2	NE	2	EP	-	-	-	
H	H-1	1	1	NE	1	N	-	-	-	-	2	2	N	2	N	-	-	-	
				NE		E	1	P	1	PF			E		E	2	P	2	PF
	H-2	1	1	EP	1	E	2	F	2	PF	2	2	N	2	E	2	F	3	PF
				†		P		P		†			E		P		P		†
	H-3	2	2		2	E	†	F	†		†	†	EP	2	E	†	F	†	
			†		P		†		†			†		P		†		†	
	H-4	†	†		†	†	†		†		†	†		†	†	†		†	
								†					†				†		
	H-5	†	†		†	†					†	†		†	†				

I	I-1	2	2	NE	2	NE	2	E	2	P	2	2	N	2	E	2	P	2	P
				N		PF*		P		F			E		P		F		F
	I-2	2	2	E	2	**	2	P	2	P	2	2	N	2	P	2	P	2	P
			N		PF		F		F			E		F		F		F	
	I-3	2	2	E	2		2	PF	3	PF	2	2	E	2	PF	3	PF	3	PF
													P						

J	-	1	1	NE	1	NE	1	NE	2	P F	2	2	N E	2	EP	2	PF	2	PF
---	---	---	---	----	---	----	---	----	---	--------	---	---	--------	---	----	---	----	---	----

Notas: a) Para o uso desta tabela, devem ser consultadas as tabelas anteriores, onde são dadas as significações dos códigos alfabéticos e alfanuméricos utilizados, e mais as dos a seguir indicados.

b) Abreviaturas dos tipos de escadas (conforme 3.24, 3.25 e 3.26): NE = Escada não enclausurada (escada comum);

EP = Escada enclausurada protegida (escada protegida);

PF = Escada à prova de fumaça.

c) Outros símbolos e abreviaturas usados nesta Tabela:

Nos = Números de saídas mínimos obrigatórios, em qualquer caso; Tipo esc. = Tipo de escada;

Gr. = Grupo de ocupação (uso) - conforme Tabela 1;

Div. = Subdivisão do grupo de ocupação - conforme Tabela 1;

† = Símbolo que indica necessidade de consultar normas e regulamentos específicos (ocupação não coberta por esta Norma);

\* = Ressalvado o disposto em 4.5.3.2, que admite saída única nas habitações multifamiliar (A-2), não

havendo mais de quatro unidades autônomas por pavimento.

\*\* = Em edificações de pequena área - Cód. "T" -, isto é, com área total inferior a 750 m<sup>2</sup>, admite-se o uso de

escadas não enclausuradas (NE).

\*\*\* = As escadas à prova de fumaça (PF) podem ser substituídas por escadas pressurizadas, conforme 4.7.15.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9077/ 2001: Saídas de emergência em edifícios. Anexo A. Rio de Janeiro. Pg. 35, 36 e 37. 2001

### Passo 8

Com os dois itens definidos, se é possível calcular as escadas da saída de emergência. Através do capítulo 3.5 deste trabalho, é possível calcular a escada.

### Passo 9

A NBR 9077/ 2001 permite determinar se será ou não necessário a utilização do alarme, através da tabela 7. São utilizados os dados da tabela 1 e 2.

Tabela 7 – Exigência de alarme

Dimensões em planta		P					Q				
<u>Alturas</u>		K	L	M	N	O	KL	M	N	O	
Classe e grupo de ocupação											
A						*			*	*	
B					*	*		*	*	*	
C					*	*		*	*	*	
D					*	*		*	*	*	
E				*	*	*		*	*	*	
F	F-1, F-2, F-3				*	*		*	*	*	
	F-4			*	*	*		*	*	*	
	F-5		*	*	*	*	*	*	*	*	
	F-6			*	*	*		*	*	*	
	F-7		*	*	-	-		*	*	-	
	F-8			*	*	*		*	*	*	

G				*						*	
H	H-1			*	-	-		*	*	-	-
	H-2, H-3		*	*	*	*	*	*	*	*	*
	H-4, H-5	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†
I	I-1			*	*	*		*	*	*	*
	I-2		*	*	*	*	*	*	*	*	*
	I-3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
J			*	*			*	*	*	*	

Notas: a) \* = Locais onde é exigido alarme.

b) † = Indica necessidade de consultar normas específicas.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9077/2001: Saídas de emergência em edifícios. Anexo A. Rio de Janeiro. Pg. 38. 2001

### Passo 10

Através da tabela 8, é possível determinar as distâncias máximas a serem percorridas por um residente no edifício, em qualquer ponto do prédio. Se utiliza os dados obtidos na tabela 4 e na tabela 1. É preciso definir também se o edifício terá chuveiros automáticos ou não em seu sistema de proteção contra incêndio, para assim, definir a distância máxima permitida.

Tabela 8 – Distância máximas a serem percorridas

Tipo de edificação	Grupo e divisão de ocupação	Sem chuveiros automáticos		Com chuveiros automáticos	
		Saída única	Mais de uma saída	Saída única	Mais de uma saída
	Qualquer	10,00 m	20,00 m	25,00 m	35,00 m

X					
Y	Qualquer	20,00 m	30,00 m	35,00 m	45,00 m
Z	C, D, E, F, G-3, G-4, G- 5, H, I	30,00 m	40,00 m	45,00 m	55,00 m
	A, B, G-1, G-2, J	40,00 m	50,00 m	55,00 m	65,00 m

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9077/2001: Saídas de emergência em edifícios. Anexo A. Rio de Janeiro. Pg. 35. 2001

### 3.2 NBR 11742/ 2003: Porta Corta-fogo para Saída de Emergência

Quando o incêndio se inicia, o fogo normalmente se alastra conforme a quantidade de combustível disponível no momento. Quanto mais itens com algum potencial inflamável por perto, mais intenso fica. Uma das medidas paliativas para combater o fogo é reter ele em um cômodo do edifício para que ele não se alastre para outros lugares. E uma das formas de se fazer isso é através das portas corta-fogo.

As portas corta-fogo funcionam como barreira, impedindo o fogo de se alastrar de um ambiente para o outro, resistindo ao fogo, gases tóxicos e ao calor excessivo. É determinantemente proibido que essas portas sejam trancadas no sentido da evacuação dos residentes, e no caso dessas portas serem usadas como passagem normal de pessoas, ela deverá ter um sistema de fechamento automático ligado a um sistema de detecção de incêndio. De acordo com a norma NBR 11742/ 2003 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 3), as portas corta-fogo são divididas em 4 classes, que são:

- Classe P-30
- Classe P-60
- Classe P-90
- Classe P-120

Cada classificação é determinada pelo tempo que a porta corta resiste ao fogo no ensaio que ela foi submetida. Ainda dentro dessa classificação, cada classe pode ter uma característica adicional, que é a sua resistência a fumaça, onde não permite que a mesma a ultrapasse. Na sigla de sua classificação é adicionada um F, ficando como exemplo (Classe PF-60, onde a porta corta-fogo resiste a 60 minutos aos efeitos de um incêndio e resiste a fumaça exercida.

Para seu dimensionamento, é necessário averiguar as disposições e arquitetura do edifício, para que o mesmo proporcione a máxima segurança possível para seus residentes.

### **3.2.1 Utilização da NBR 11742/ 2003**

Para a utilização mais correta da norma, é necessário estar ciente da quantidade de saídas de emergência que serão necessárias no edifício, dado obtido através da NBR 9077/ 2001 – Saídas de Emergência. Sabendo da quantidade necessária, é possível determinar onde essas portas serão necessárias e definir qual utilizar. Cada classe tem sua recomendação de uso, como mostra a NBR 11742/ 2003 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 4):

- Classe P-30 – Porta corta-fogo com a resistência mínima de 30 minutos ao fogo, deve ser usada em paredes com resistência ao fogo de no mínimo 60 minutos. Ela é recomendada na proteção de edifícios residenciais;
- Classe P-60 – Porta corta-fogo com a resistência mínima de 60 minutos ao fogo, deve ser usada em paredes com resistência ao fogo de no mínimo 120 minutos. Ela é recomendada em edifícios comerciais, industriais e residenciais no caso de ser utilizada em uma antecâmara nas escadas de saída de emergência.
- Classe P-90 – Porta corta-fogo com resistência mínima de 90 minutos ao fogo, deve ser usada em paredes com resistência ao fogo de no mínimo 180 minutos. Ela é recomendada nas interligações entre escritórios e indústrias, comercialização e armazenamento.
- Classe P-120 – Porta Corta-fogo com resistência mínima de 120 minutos ao fogo, deve ser usada em paredes com resistência ao fogo de no mínimo 240 minutos. Ela é recomendada nos casos que a porta corta-fogo Classe P-90 não possa atender.

Nos casos de portas que sejam necessárias uma resistência a fumaça, de acordo com a NBR 11742/ 2003 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 4), temos a seguinte classificação:

- Classe PF-30 – Porta Corta-fogo com resistência mínima de 30 minutos ao fogo, deve ser usada em paredes com resistência ao fogo de no mínimo 60 minutos. Ela é recomendada nos casos de acessos a antecâmaras das escadas de saídas de emergência e em áreas de refúgio.
- Classe PF-60 – Porta Corta-fogo com resistência mínima de 60 minutos ao fogo. Ela é recomendada em situações de acesso a escadas de saída de emergência, onde não foi possível a construção de uma antecâmara.

A sinalização é dada pela placa que deve estar posicionada a 1,60 a 1,80, no sentido da fuga. De acordo com a norma 11742 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 3). Ela deve estar com os dizeres:

PORTA CORTA-FOGO  
É OBRIGATÓRIO MANTER FECHADA

São três tipos de fontes que podem ser usadas no aviso, sempre mantendo todas as palavras em uma única fonte escolhida. São elas: helvética normal; univers 65; fólio normal. O tamanho pode variar de uma dimensão mínima de 5,5 mm, em caixa baixa.

### **3.3 NBR 12693/ 2013: Sistemas de proteção por extintor de incêndio**

Para que um grande incêndio ocorra, um foco de incêndio começa em um ponto específico e se espalha de acordo com o material carburante existente no local. Dependendo do caso, é possível apagar as chamas com os dispositivos chamados extintores de incêndio, que são umas das primeiras linhas de defesa para o combate ao incêndio existente.

Para melhor análise e estudo para se combater, o incêndio foi dividido em categorias, chamadas Classe A, Classe B, Classe C. Existem mais classes catalogadas, mas a norma 12693 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 3) especifica o uso dos três mais comuns:

- A classe A determina o tipo de fogo que ocorre devido ao processo chamado pirólise. Ou seja, é gerado através da combustão de materiais sólido, como madeira, carvão, folha de papel. Nesse caso, é recomendado o uso do extintor constituído por espuma de água;
- A classe B determina o tipo de fogo que ocorre devido queima de gases, ou liquefeito em função do calor gerado. Nesse caso, é recomendado o uso de extintores Classe B, que são constituídos de pó químico ou espuma; para chamas geradas por gases, é recomendado usar o extintor Classe B tipo pó químico;
- A classe C determina o tipo de fogo que ocorre em condutores elétricos, onde não é recomendado a utilização de água, com o risco de causar um curto circuito e causar maiores estragos.

Para o combate adequado de cada tipo de classe de fogo, foi desenvolvido para cada caso um material que se combate ao fogo adequadamente, sem que houvesse maiores danos na propriedade ou coloca-se em maiores riscos vidas humanas. São materiais como:

- Água (H<sub>2</sub>O): Utilizado para extinguir chamas as quais tem seu carburador materiais como madeiras, tecidos, papéis e plásticos. Seu método de extinção do incêndio é através do resfriamento do material inflamado. Pertence ao grupo de extintores de incêndio classe A. Por questões de segurança, não é permitido a utilização para combate de incêndios tipo B e C.
- Gás Carbônico (CO<sub>2</sub>): Utilizado para extinguir chamas as quais tem seu carburador materiais líquidos ou que se liquefaz em contato com altas temperaturas. Seu método de extinção do incêndio é através do abafamento das chamas, causando a redução do consumo do comburente.
- Pó químico Classe B e Classe C: Utilizado para extinguir chamas as quais tem seu carburador materiais pertencentes as classes de fogo B e C, como

gasolinas, gás de cozinha, fios desencapados. Seu método de extinção do incêndio é através de reações químicas, as quais quebram o consumo do comburente no caso dos incêndios classe B, ou agem como isolantes impedindo a reação de materiais inflamatórios com a eletricidade.

- Pó químico Classe A, Classe B e Classe C: Utilizado para extinguir chamas as quais tem seu carburador materiais pertencentes as classes de fogo A, B e C, praticamente sendo utilizados para todos tipos de incêndios abrangidos pela norma NBR 12693/ 2013. Seu método de extinção do incêndio é através de reações químicas e pelo abafamento.
- Espuma mecânica: Utilizado para extinguir chamas as quais tem seu carburador materiais pertencentes as classes de fogo A e B. Seu método de extinção do incêndio é através do abafamento e resfriamento.

### **3.3.1 Utilização da NBR 12693/ 2013**

Para utilizar a NBR 12693/ 2013, é necessário se atentar a alguns requisitos de utilização dos extintores de incêndio. Dentre eles, estão o adequado armazenamento, localização e utilização dos equipamentos, sendo sua localização no edifício determinante para o salvamento de vidas ali presentes. De acordo com a NBR 12693/ 2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 3), as alças do extintor devem estar a no máximo 1,60 metros acima da superfície do piso do local e o fundo a 0,10 metros, apoiado em um suporte a qual não permita que o extintor tenha contato direto com o chão.

Também é especificada na norma uma disposição clara das instruções acerca da utilização do extintor, sua classe e seus afins, tendo ela voltada para a frente, permitindo que quem pegue o extintor possa ter um rápido vislumbre de como utiliza-lo.

#### **Passo 1**

Para ter uma ideia de onde instalar os extintores, se deve localizar todas as entradas e saídas do edifício. Isso inclui entradas de mudanças de pavimentos, entradas principais do edifício, locais de área de risco onde se pode iniciar rapidamente um incêndio. Após isso, é necessário selecionar um local onde os

extintores podem se estabelecer sem que haja alguma obstrução do que impeça a rápida obtenção do equipamento. A norma especifica que é necessário haver um extintor de incêndio a pelos menos cinco metros ou menos de distância da saída.

## **Passo 2**

Determinado a localização, será necessário definir qual é o tipo de riscos que o local apresenta para iniciar um incêndio. Para isso, se analisa os componentes presentes no local, como papéis, em um escritório, gás, em uma cozinha, corrente elétrica, em um gerador. A NBR 12693/ 2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 4) determina que cada pavimento deve estar presente no mínimo um extintor de incêndio classe A, para casos de início de incêndio mais comum, e um mais específico, como o extintor de incêndio classe B ou classe C, para sanar os riscos que a área pode apresentar no alastramento do fogo.

## **Passo 3**

Selecionado o tipo de incêndio que o local pode apresentar, se deve analisar os tipos de extintores capazes para suprir essa necessidade. Para isso, se deve determinar a distância que uma pessoa precisaria percorrer para ter o acesso a um extintor de incêndio e assim, determinar os riscos. De acordo com a tabela 9, retirada da NBR 12693/ 2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 5), é determinado a capacidade extintora mínima do extintor pela distância percorrida.

Tabela 9 – Risco Classe A

<b>Classe de risco</b>	<b>Capacidade extintora mínima</b>	<b>Distância máxima a ser percorrida</b>
Baixo	2-A	M 25

Médio	3-A	20
Alto	4-A*	15
*Dois extintores com carga d'água de capacidade extintora 2-A, quando instalados um ao lado do outro, podem ser utilizados em substituição a um extintor 4-A.		

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12693/2013: Sistemas de Proteção por Incêndio. Capacidade extintora e distribuição para riscos classe A. Rio de Janeiro. Pg. 5. 2013

Para riscos de incêndio Classe B, se utiliza a tabela 10, também retirada na NBR 12693/ 2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 5).

Tabela 10 – Riscos Classe B

<b>Classe de risco</b>	<b>Capacidade extintora mínima</b>	<b>Distância máxima a ser percorrida</b> m
Baixo	20-B	15
Médio	40-B	15
Alto	80-B	15

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12693/2013: Sistemas de Proteção por Incêndio. Capacidade extintora e distribuição para riscos classe A. Rio de Janeiro. Pg. 5. 2013

Para os extintores Classe C, é recomendado os extintores se localizarem ao lado de seus potenciais causadores de incêndio, normalmente elétricos. Nesse caso, se recomenda utilizar os mesmos requisitos necessários dos extintores de Classe A ou Classe B.

#### **Passo 4**

Determinada a capacidade extintores mínima, é necessário agora escolher o extintor disponível no mercado que atenda os requerimentos determinados pelo projeto. Para todos os tipos de extintores, existem um modelo sobre rodas, onde há uma necessidade de extintores de maiores capacidades, sem perder a mobilidade. No mercado, são oferecidos:

- ❖ Extintores de incêndio água: modelo portátil de 10 litros de água, capacidade extintora de 2-A; modelo sobre rodas de 75 litros de água, capacidade extintora 10-A.
- ❖ Extintores de incêndio pó BC: modelo portátil de 4, 6, 8, 12 kg, capacidade extintoras de 20-B:C, 30-B:C E 40-B:C; modelo sobre rodas de 20, 25, 50, 70 e 100 kg, capacidade extintoras de 40-B:C, 80-B:C.
- ❖ Extintores de incêndio pó ABC: modelo portátil de 4, 6, 8, 12 kg, capacidade extintoras de 2-A:20-B:C e 3-A:20-B:C; modelo sobre rodas de 20 kg, capacidade extintoras de 10-A:40-B:C.
- ❖ Extintores de incêndio CO<sub>2</sub>: modelo portátil de 2, 4 e 6 kg, capacidade extintoras de 2-B:C e 5-B:C; modelo sobre rodas de 10, 25 e 50 kg, capacidade extintoras de 5-B:C e 10-B:C.

#### **3.4 NBR 14432/ 2001 Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento**

Um das preocupações de se construir uma edificação é a segurança e resistências a diversas situações e adversidades que o prédio pode sofrer, uma delas o incêndio. Para isso, foi estabelecido uma norma onde se determina a resistência necessárias dos elementos constituintes de uma edificação. Não para que o edifício seja totalmente à prova de fogo, mas para que estruturas como lajes, pilares e vigas não colapsem antes dos residentes do edifício saíam em segurança.

Um das formas de se assegurar que os materiais tenham uma resistência ao fogo durante um certo tempo é a utilização da norma NBR 14432/ 2001

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 4), que especifica certos requisitos para determinar o TRRF.

O TRRF (tempo requerido de resistência ao fogo) é nada mais que o tempo requerido para uma edificação se mantenha em pé para que seus residentes possam sair antes que a estrutura colapse. Tendo em mãos o TRRF, é possível saber se sua edificação atende aos requisitos estabelecidos pela norma. Através da norma também é possível determinar formas de melhorar o TRRF, adotando o método de Gretener.

O método de Gretener teve seu início através do engenheiro Max Gretener, em 1960, para que houvesse um método para regular a avaliação de riscos de um edifício, assim dando método simplificado, sem base de achismo, para as seguradoras da Suíça da época se basearem. Na norma 14432 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 8,9), ela é apenas mencionada como sendo uma base para a elaboração da norma em si.

### **3.4.1 Utilização da NBR 14432/ 2001**

#### **Passo 1**

Para se determinar o TRRF, se utiliza a Tabela 1, citada no capítulo 3.1.1, deste estudo. Ela é obtida através do Anexo A da norma NBR 14432/ 2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 8,9). Com ela, determina o tipo de grupo que a edificação se enquadra, de acordo com sua ocupação/ uso. Ela está também presente na NBR 9077/ 2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 30, 31 e 32).

#### **Passo 2**

Tendo determinado o uso da edificação, utiliza-se a Tabela 11 para se determinar o tempo requerido de uma edificação resista ao fogo para que seus residentes evacuem. O tempo é dado em minutos e varia, além de sua ocupação, pela profundidade de subsolo e a altura do prédio. No caso dos subsolos, é permitido utilizar o tempo em parênteses apresentado na tabela 11, caso o subsolo tenha uma

área bruta menor ou igual a 500 m<sup>2</sup>. Caso o pavimento acima do solo tenha uma área bruta menor ou igual a 750 m<sup>2</sup>.

Tabela 11 – Tempo requerido de resistência ao fogo, em minutos

Grupo	Ocupação/uso	Divisão	Profundidade do solo		Altura da edificação				
			Classes S <sub>2</sub> > 10m	Classes S <sub>1</sub> < 10m	Classes P <sub>1</sub> > 6m	Classes P <sub>2</sub> 6m < h < 12m	Classes P <sub>3</sub> 12m < h < 23m	Classes P <sub>4</sub> 23m < h < 30m	Classes P <sub>5</sub> h > 30m
A	Residencial	A-1 a A-3	90	60(30)	30	30	60	90	120
B	Serviços de Hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60(30)	60	90	120
C	Comercial Varejista	C-1 a C-3	90	60	60(30)	60(30)	60	90	120

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14432/2001: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - procedimento. Anexo A. Rio de Janeiro. Págs. 7. 2001

### Passo 3

Para determinar as cargas de incêndio específicas, é necessário determinar as cargas de incêndio geral, que é dada pela soma de todas as cargas de incêndios presentes no pavimento, e dividir esse valor pela área do piso do pavimento. Através da tabela 12, a norma 14432/2001 disponibiliza uma carga de incêndio específica, em MJ/m<sup>2</sup>.

Tabela 12 – Valores das cargas de incêndio específicas

Ocupação/ uso	Descrição	Divisão	Carga de incêndio ( $q_s$ ) MJ/ m <sup>2</sup>
Residencial	Alojamento estudantis	A-1	300
	Apartamentos	A-2	300
	Casas térreas ou sobrados	A-1	300
	Pensionatos	A-3	300

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14432/2001: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - procedimento. Anexo C. Rio de Janeiro. Págs. 11,12 e 13. 2001

#### Passo 4

Assim que a carga específica de incêndio for determinada, é necessário determinar o tipo de risco a qual sofre a edificação, que se determina através da tabela 13. Ela pode ser de baixo, médio e alto risco e com ela é possível determinar diversas outras normas presentes.

Tabela 13 – Classificação das edificações quanto a sua carga de incêndio específica.

<b>Classificação das edificações quanto a sua carga de incêndio específica</b>	
<b>RISCO</b>	<b>Carga de incêndio específica</b>
	<b>MJ/ m<sup>2</sup></b>
BAIXO	Até 300
MÉDIO	Entre 300 e 1200
ALTO	Acima de 1200

Fonte: Brentano (2010, pag. 70).

### **3.5 NBR 14880/ 2014 – Escada de Segurança – Controle de Fumaça por pressurização**

Uma das formas que se utiliza para sair do prédio é através da escada de um prédio de múltiplos pavimentos é através das escadas de incêndio. Como não é permitido a utilização dos elevadores em caso de incêndio, por conta dos riscos ali presentes, se utiliza as escadas justamente para suportar o alto fluxo de pessoas que necessitam sair. Essas escadas necessitam estar livres de qualquer impedimento que possa haver nas fugas dos residentes. Para isso, em alguns casos, a escada precisa estar pressurizada. A pressurização serve basicamente para que a escada não espalhe o incêndio para outros andares do prédio e retardar a entrada da fumaça, causando sufocamento para quem estiver fugindo do incêndio.

A pressurização se faz pela circulação de ar dentro da caixa da escada, permitindo a diferença de pressão entre os ambientes dentro da escada e no pavimento. Existem tanto sistemas automáticos, para caso de incêndio, garantir a diferença de pressão adequada para que a fumaça não se adentre e o sistema projetado e os sistemas projetados para ter sempre a despressurização. Para que o ar escape, a NBR 14880/ 2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 8,9) estabelece quatro métodos, as quais são: Método de escape de ar pelas janelas; método de instalação de aberturas nas periferias do edifício; método dos poços verticais; método da extração mecânica. Cada um tem seu uso e sua particularidade as quais se devem analisar qual se adequa melhor ao projeto.

#### **3.5.1 Utilização da NBR 14880/ 2014**

##### **Passo 1**

Para a sua utilização correta, a NBR 14880/ 2014 estabelece alguns parâmetros a serem seguidos. O primeiro é a confecção da escada em si. Ela deve ter as dimensões de largura no mínimo as determinadas para a largura mínima pela NBR 9077/ 2001. Com isso em mente, determinar as configurações necessárias que sua

escada precisará para se adequar ao projeto. Pode ser elas com patamares, espiral, curvas, retas. Em qualquer desses casos, os pisos e espelhos devem seguir a Fórmula 2, descrita na NBR 9055, a seguir:

Fórmula 2 - Fórmula de Blondel

$$63\text{cm} < 2E + P < 65\text{cm}$$

E = Altura do espelho

P = Profundidade do piso

**Passo 2**

Tendo determinado a necessidade de uma escada de emergência enclausurada a prova de fumaça, através da NBR 9077/ 2001, deve-se determinar se a escada está de acordo com os requisitos mínimos para que o edifício tenha uma escada pressurizada. Isto é feito pela tabela 1 do Anexo A presente na NBR 14880/ 2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 21).

Tabela 14 - Dados para o dimensionamento das saídas

Ocupação	Critério de altura	Nº de portas corta-fogo abertas	Necessidade de gerador automatizado
Residencial	Até 80	1	Não
	Acima de 80	2	Sim
Serviços, hospedagem (hotel, motel, flats) e assemelhados	Até 30	2	Sim
	Acima de 30	2	Sim

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14880/ 2014: Saídas de Emergência em Edifícios – Escadas de Segurança – Controle de fumaça por pressurização. Anexo A. Rio de Janeiro. Pág. 21. 2014

### **Passo 3**

Para se adequar a norma, alguns requisitos a mais devem ser seguidos por um edifício de múltiplos pavimentos, entre eles, de acordo com a NBR 14880/ 2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 9,10).

- Todos os sistemas que compõem a pressurização das escadas devem estar protegidos por no mínimo 2h contra a o fogo.
- As escadas devem estar sinalizadas logo a sua entrada com uma placa com os dizeres “SAÍDA DE EMERGENCIA – ESCADA PRESSURIZADA”

### **Passo 4**

Para que haja um bom sistema de pressurização, é necessário se determinar todas as variantes que possam se adequar o mais perfeitamente possível ao projeto. Com isso, escolher um método adequado ao projeto, dentre, especificados pela NBR 14880/ 2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 8,9).

- Método de escape do ar pelas janelas
- Método de instalação de aberturas na periferia do edifício
- Método de poços verticais
- Método de extração mecânica

### **3.6 NBR 10898/ 2000 – Sistema de Iluminação de Emergência**

Durante a fuga dos residentes do local de perigo, umas das maiores preocupações deve ser a rápida evacuação de um prédio em chamas. Para isso, muitas vezes é necessário que o caminho esteja adequadamente iluminado, para que as pessoas se movam ordenadamente, sem pânico, nem confusão.

Um dos fatores humanos que envolve psicologia, além dos fatores biológicos, é poder ver. Em um incêndio, por conta do calor, que pode destruir a fiação elétrica das luzes e fumaça, que se acumula na parte superior do ambiente, se faz

necessário um sistema que possa indicar um caminho para a saída de emergência mais próxima.

O sistema de iluminação de emergência varia de lugar para lugar, como prédios residenciais, anfiteatros, escolas. De acordo com a norma 10898/2000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 12) a aplicação dela abrange cerca de seis tipos de sistema de iluminação de emergência. São elas: Conjuntos de Blocos Autônomos (instalação fixa); sistemas centralizados com baterias; sistemas centralizados portáteis com a alimentação compatível com o tempo de funcionamento garantido; sistema de iluminação fixa por elementos químicos sem geração de calor, atuando a distância; sistemas fluorescentes à base de acumulação de energia de luz ou ativados por energia elétrica externa. Também pode ser usada luminárias, desde que elas atendam certos requisitos descritos na NBR 10898/ 2000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 3).

### **3.6.1 Utilização da NBR 10898/ 2000**

Para utilizar a NBR 10898/ 2000, deve-se atentar que a principal função da iluminação de emergência deva ser suprir a necessidade de uma súbita ausência de luz non ambiente. A NBR 10898/ 2000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 3), especifica dois tipos de iluminação para o uso. São elas:

- Iluminação permanente: fonte de iluminação onde sua eletricidade é alimentada pela rede principal do edifício. Com bateria.
- Iluminação não-permanente: fontes de iluminação não ligada com a rede principal do edifício. Com bateria.

A norma também especifica alguns parâmetros a serem seguidos para casos de projetos de combate ao incêndio, onde ele cita em casos pontuais com uma preocupação maior com a fiação do sistema, que se mal planejado, pode contribuir para o aumento do incêndio.

De acordo com a NBR 10898/ 2000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 14, 15), para que um projeto de iluminação seja aprovado, são necessários os seguintes dados:

- Plantas de Distribuição das luminárias;

- Tabelas de queda de tensão com a corrente nominal para cada distribuição da fiação.
- Gráficos com os dados de informação sobre a iluminação de emergência, comparando a distribuição de luz presente comparada com as de emergência e garantindo uma boa iluminação durante a fuga do incêndio.

Com a norma também diz, dentro das escadas e saídas de emergência, a possibilidade de ocorrer um incêndio são baixos, então é possível colocar equipamentos luminárias de voltagens acima de 30 V. Para uma análise mais aprofundada, recomenda-se averiguar se seu projeto está de acordo com as NBR 10898/ 2000 e IT 18.

### **3.7 NBR 13434-2/ 2004 – Sinalização de segurança contra incêndio e Pânico**

Para que haja uma fuga adequada do lugar, é necessária uma orientação de onde é a saída mais próxima, permitindo as pessoas saíam do lugar com rapidez e segurança. Para isso, a NBR 13434/ 2004 estabeleceu uma padronização das sinalizações utilizadas no país. Ele substituiu as NBR 13437: 1995 e a NBR 13434: 1995.

A norma cita diferentes modelos que podem ser usados para sinalizar diversos itens e caminhos para saídas de emergência. Dentre eles os modelos apresentados para incêndio são triangulares, usados para alertas, circulares, para proibição e quadrado/ retangular para orientações e avisos.

A cor utilizada para os avisos de incêndio é vermelha, e isso inclui a identificação do equipamento à aviso de perigo.

#### **3.7.1 Utilização da NBR 13434-2/ 2004**

Deve-se lembrar que a sinalização deve mostrar o caminho ou objeto a qual pessoa, numa situação de perigo, precisa tomar. Ou evitar, nos casos de produtos e lugares perigosos.

Para isso, deve lembrar que para equipamentos de combate ao incêndio, deve-se usar os seguintes símbolos, mostrados na tabela 15.

Tabela 15 – Sinalização de equipamento

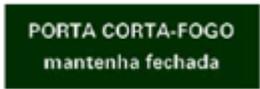
Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
20		Alarme sonoro		Indicação da posição do interfone para comunicação de situações de emergência
21		Comando manual de alarme ou bomba de incêndio	Símbolo: quadrado Fundo: vermelha Pictograma: fotoluminescente	Ponto de acionamento de alarme de incêndio ou bomba de incêndio Deve vir sempre acompanhado de uma mensagem escrita, designando o equipamento acionado por aquele ponto
22		Telefone ou interfone de emergência		Indicação da posição do interfone para comunicação de situações de emergência a uma central
23		Extintor de incêndio		Indicação de localização dos extintores de incêndio

24		Mangotinho	<p>Símbolo: quadrado Fundo: vermelha Pictograma: fotoluminescente</p>	Indicação de localização do mangotinho
25		Abrigo de mangueira e hidrante		Indicação do abrigo da mangueira de incêndio com ou sem hidrante no seu interior
26		Hidrante de incêndio		Indicação da localização do hidrante quando instalado fora do abrigo de mangueiras
27		Válvula de controle de chuveiros automáticos		Indicação da localização da válvula de controle do sistema de chuveiros automáticos

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13434/ 2004: Sinalização de segurança contra incêndio e pânico – Parte 2: Símbolos e suas formas, dimensões e cores. Rio de Janeiro. Págs. 15, 16, 17. 2004

Para o uso das portas corta-fogo, a NBR 13434/ 2004 estabelece as seguintes sinalizações, mostrados na tabela 16:

Tabela 16 – Indicações das condições de usos de portas corta-fogo

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
29		Instrução de abertura da porta corta-fogo por barra antipânico	Símbolo: Quadrado ou retangular Fundo: verde Pictograma: fotoluminescente	Indicação da forma de acionamento da barra antipânico instalada sobre a porta corta-fogo. Pode ser complementada pela mensagem “aperte e empurre”, quando for o caso
30		Instruções para porta corta-fogo		Indicação de manutenção da porta corta-fogo constantemente fechada, instalada quando for o caso

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13434/2004: Sinalização de segurança contra incêndio e pânico – Parte 2: Símbolos e suas formas, dimensões e cores. Rio de Janeiro. Págs. 18. 2004

A Norma estabelece algumas sinalizações para proibições, para evitar um possível incêndio, e sinalização, para os elevadores, como mostra na tabela 17:

Tabela 17 – Sinalização de proibição

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
1		Proibido fumar	<p>Símbolo: circular                      Fundo: branca                      Pictograma: preta                      Faixa circular e barra diametral: vermelhas</p>	Todo o local onde o fumo pode aumentar o risco de incêndio
2		Proibido produzir chama		Todo o local onde a utilização de chama pode aumentar o risco de incêndio
3		Proibido utilizar água para apagar o fogo		Qualquer situação onde o uso de água seja impróprio para extinguir o fogo
4		Proibido utilizar o elevador em caso de incêndio		Nos locais de acesso aos elevadores comuns. Pode ser complementada pela mensagem “em caso de incêndio não use o elevador”, quando for o caso

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13434/2004: Sinalização de segurança contra incêndio e pânico – Parte 2: Símbolos e suas formas, dimensões e cores. Rio de Janeiro. Págs. 11. 2004

Deve-se averiguar o seu projeto e sinalizar todos os itens abordados que podem estar presentes, para garantir uma maior segurança aos usuários.

### **3.8 NBR 15200: 2012 Projetos de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento**

Em um incêndio, onde está havendo um alto aumento de temperatura em decorrência do fogo, todos os materiais ao redor sofrem influência. Seja o material que irá entrar em combustão, seja o material, que mesmo não tendo a um teor inflamável, sofre um “aumento” devido ao seu módulo de elasticidade sob influência das altas temperaturas.

No concreto, esse problema é agravado por conta que, em altas temperaturas, o concreto perde sua resistência a compressão. Com isso, ele perde sua principal função estrutural. No caso dos aços presentes no concreto armado, o aço também sofre influência da alta temperatura, fazendo com que ele perca sua função de conter a tração presente na peça.

Mas para efeitos práticos, a norma 15200 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 12) disponibiliza o método tabular, que consiste em usar as tabelas 4, para determinar as dimensões mínimas de uma laje apoiada em pilares; tabela 5, para determinar as dimensões mínimas para lajes lisas ou cogumelos; tabela 6, para determinar as dimensões mínimas para lajes nervuradas bi apoiadas; tabela 7, para determinar as dimensões mínimas para lajes nervuradas apoiadas em três ou quatro lados ou contínuas; tabela 8, para determinar as dimensões mínimas para vigas bi apoiadas; tabela 9, para determinar as dimensões mínimas para vigas contínuas ou vigas de pórticos; tabela 10, para dimensões mínimas para vigas contínuas ou vigas de pórticos.

#### **3.8.1 Utilização da NBR 15200/ 2012**

A explicação passo a passo está descrita no capítulo 7 deste estudo.

### 3.9 NBR 9062/ 2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto Pré-moldado

A NBR 9062/ 2017 trata-se de um documento que busca normalizar a confecção e cálculo de estruturas de pré-moldado. Ela detalha os modos de cálculos de vigas, pilares, desenhos dos projetos, tipos de peças, documentos, transporte, ligações entre outros.

No caso do dimensionamento de estruturas para casos de incêndio, a NBR 9062/ 2017 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 27) especifica que para os cálculos dimensionamento para o aumento de TRF dos pilares, vigas e lajes, é permitido utilizar a NBR 15200/ 2012, Anexo E, como referência.

No caso de dimensionamento de lajes alveolares, são disponibilizadas tabelas para o cálculo do  $c_1$ , que nada mais é do que a distância da superfície em relação ao eixo das armaduras. Essa distância é dada pela soma da espessura da laje e da cobertura de concreto. Tais espessuras também devem ter um índice de vazio maior ou igual a 0,5, onde é calculado pela espessura média e altura da laje sem cobertura de concreto.

Para laje bi apoiadas, é disponibilizada a tabela 18:

Tabela 18 - Características para lajes bi apoiadas

TRRF	<b>Espessura mínima total de laje (com ou sem capa) / distância <math>C_1</math> mínima mm/mm</b>			
	<b><math>M_{Sd \text{ incêndio}} / (M_{Rd}) \%</math></b>			
	30 – 39	40 – 49	50 – 59	>60
30				Todas as lajes/30
60				150/30
90		200/35 265/35	200/40 265/40	200/40

		320/35 400/35	320/40 400/40	
120		200/40 265/40 320/40 400/40		200/50
180	200/50 265/50 320/50 400/50	200/60	265/60 320/60 400/60	

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9062/2017. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro.

Págs. 28. 2017

Para lajes contínuas ou confinadas, é adotada a tabela 19:

Tabela 19 - Características para lajes bi apoiadas

TRRF	<b>Espessura mínima total de laje (com ou sem capa) / distância C<sub>1</sub> mínima mm/mm</b>			
	<b>M<sub>Sd</sub> incêndio / (M<sub>Rd</sub>) %</b>			
	30 – 39	40 – 49	50 – 59	>60
30				Todas as lajes/25
60				150/25
90			200/25 265/25	200/30

			320/25 400/25	
120		200/25 265/25 320/25 400/25		250/35
180	200/30 265/30 320/30 400/30	265/35	320/40 400/40	300/45

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9062/2017. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro. Págs. 28. 2017

Num caso de houver lajes alveolares, será necessário ser seguidas as reduções da força cortante apresentadas na tabela a seguir, seguindo a ideia de projetar em função do retardamento dos efeitos de um incêndio. Pela tabela 20, é possível descobrir essa redução.

Tabela 20 – Relação de redução de cortante

TRRF	Espessura da Lajes (com ou sem capa) mm		
	$V_{Rd \text{ incêndio}} / (V_{Rd})$ em %		
	< 210	220 – 350	>350
30	100	100	100
60	80	75	70
90	75	70	65

120	70	60	55
180	50	45	45

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9062/ 2017. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro. Págs. 30. 2017

No anexo B da NBR 9062/ 2017 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 94), para o cálculo de pilares pré-moldados, é permitido utilizar a NBR 15200/ 2012 para todos os cálculos para adequar o TRF do pilar com o TRRF do edifício

#### **4. Comparação da NBRs com as IT/ NT do estado de São Paulo**

##### **4.1 IT 11/ 2019 (Saídas de Emergência) com a NBR 9077/ 2001 e a NBR 11742/ 2003**

A IT 11 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019) especifica os parâmetros necessários para a edificação tenha a aprovação do Corpo de Bombeiros em relação as saídas de emergências. Ela toma como parâmetro a NBRs 9077, 11742, para estabelecer seus requisitos. Porém ela apresenta algumas mudanças em relação as próprias Normas.

Uma das diferenças está na forma que a IT (Instrução Técnica) se estabelece as distancias de a serem percorridas. Na NBR 9077/ 2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 6, 7), estabelece que os parâmetros necessários para se obter essa distância seriam necessárias as dimensões de planta envolvidas, sua classificação construtiva e altura. Já na IT 11 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019), apenas é necessária saber a classificação da sua edificação, que já é possível estabelecer tanto a distância a ser percorrida como a unidade de passagem necessária para calcular a largura necessária das saídas, corredores e escadas.

Outra diferença se encontra no número mínimo de saídas que um pavimento necessita para ocorrer a saída de emergência. Na NBR 9077/ 2001, é estabelecido juntamente com o tipo de escada de emergência que o edifício irá necessitar.

No quesito de largura mínima, a NBR 9077/ 2001 e a IT (Instrução Técnica) se diferencia na largura mínima dos corredores necessária. Na NBR 9077/ 2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 12), é especificado que a largura das saídas de emergência deve ser de 1,10 m para duas unidades de passagem. Para saídas do grupo H, divisões H-3, é determinado que a largura mínima de 2,20 metros. Na IT 11 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019), é determinado que a largura mínima deve ser de 1,20 m para todos os tipos comuns de edificações. Para os componentes do grupo H, divisões H-2 e H-3, deve haver uma largura de 1,65 m, correspondendo a 3 unidades de passagem de 0,55 metros, nos casos de rampa, acessos, escadas. Tanto na norma quanto na It, são determinados que a largura mínima para o grupo H, divisão H-3, se necessita de 4 unidades de passagem.

Assim que a mínima das saídas de emergência seja de 1,10 m e na IT 11 seja de 1,20, outros parâmetros mais específicos são adaptados para corresponder esses valores de distância mínima diferentes.

Na IT 11 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019), é mencionado a utilização das portas de saídas de emergência. Ela não difere muito em suas determinações com a NBR 11742/ 2003, sendo que a própria IT 11 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019) direciona para a NBR 11742/ 2003.

#### **4.2 IT 21/ 2019 (Sistema de proteção por extintores de incêndio) com a NBR 12693/ 2013**

Para efeito da IT 21 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019), ela define parâmetros mais básicos para o sistema de proteção por extintores de incêndio, sendo ela baseada na própria NBR 12693/ 2013. Por conta disso, ela orienta o usuário a consultar as Normas (IT 21, 2019, pg.1):

- NBR 12693 – Sistemas de Proteção por extintores de incêndio.
- NBR 12962 – Inspeção, manutenção e recarga em extintores de incêndio.
- NBR 13485 – Manutenção de terceiro Nível (vistorias de extintores de incêndio).

- NBR 15808 – Extintores de incêndio portáteis
- NBR 15809 – Extintores de Incêndio sobre rodas.

#### **4.3 IT 08/ 2019 (Segurança Estrutural contra Incêndio) com a NBR 14432/ 2001**

Para determinar o TRRF, é necessário descobrir alguns parâmetros pré-definidos do projeto do arquitetônico do edifício. Entre eles, dimensões arquitetônicas, como áreas dos pavimentos, tipo de edifício.

Dentro da NBR 14432/ 2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 6), no anexo A, especifica os requisitos para que a edificação não precise de verificação e também requisitos para que a edificação obtenha o direito a ter o TRRF reduzido. Dentro da IT 08 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019), no anexo A, existem requisitos próprios para a isenção de verificação e redução do TRRF. Vale determinar o TRRF nos dois documentos e verificar qual é o TRRF e aplicar no projeto.

Uma das diferenças mais notáveis entre a norma e a instrução técnica se dá a inclusão na IT 08 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019) os grupos: Explosivos; Especial e Energia.

#### **4.4 IT 13/ 2019 (Pressurização de escada de incêndio) com a NBR 14880/ 2014**

Para alguns tipos de edifícios, são necessários escadas pressurizadas, por conta da possibilidade de que na rota de fuga, a fumaça adentrar e atrapalhar toda a evacuação. Por conta disso a NBR 14480 e a IT 13 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019) determinam os requisitos para a aplicação dessas escadas. Por conta da IT 13 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019) ser baseada em seus princípios de cálculo, não difere muito da NBR 14480, porem na IT 13 especifica quais dimensões dos tipos de porta corta fogo precisam ter.

Tabela 21 – Áreas típicas de escape para quatro tipos de PCF

Tipo de PCF	Tamanho (m)	Área de escape PCF	Área de escape PCF

		aberta (m <sup>2</sup> )	fechada (m <sup>2</sup> )
PCF simples, batente rebaixado dando ACESSO ao espaço pressurizado	2,10x0,89	1,64	0,03
PCF simples, batente rebaixado permitindo a SAÍDA do espaço pressurizado	2,10x0,89	1,64	0,04
PCF dupla com ou sem rebaixo central dando ACESSO	2,10x0,89 (cada)	3,28	0,045
PCF dupla com ou sem rebaixo central permitindo SAÍDA	2,10x0,89 (cada)	3,28	0,06

Fonte: INSTRUÇÃO TÉCNICA (IT). Instrução técnica nº. 13/2019. São Paulo. Anexo A. Pág. 13. 2017

#### **4.5 IT 18 (Iluminação de emergência) com a NBR 10898/ 2000**

Quando se pensa em retirar o maior número possíveis de pessoas de um edifício onde, deve-se estar preparado para todos as situações, inclusive aquelas onde a iluminação principal deixa de ser alimentada com energia. Por conta disso, a NBR 10898/ 2000 e a IT 18 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019) determinam os requisitos que a iluminação de emergência devem ter.

Por conta da IT 18 ser baseada na NBR 10898/ 2000, não houve muitas diferenças.

#### **4.6 IT 20/ 2019 (Sinalização de emergência) com a NBR 13434-2/ 2004**

Seguindo a ideia da iluminação, as sinalizações também são importantes para a retirada do maior número possível de pessoas de um edifício. Com isso, foram estabelecidos a NBR 13434-2/ 2004 e a IT 20 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019), onde padroniza uma seleção de placas de alerta e avisos a serem utilizados em determinados lugares ressignados.

Uma das diferenças entre a norma e a instrução técnica é a inclusão de algumas placas mais específicas e avisos, como a sinalização de solo para o extintor de incêndio.

#### **4.7 IT 10/ 2019 (Controle de Materiais de Acabamento e de Revestimento)**

Havendo apenas algumas NBRs específicas com ensaios para revestimentos de pisos, não foi possível ter uma comparação específica para esta Instrução Técnica e com outra Norma.

A IT 10 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019) especifica o controle de materiais de acabamento e de revestimento para edifícios com áreas maiores de 750 m<sup>2</sup> e alturas maiores de 12 metros. O CMAR especifica quais são os tipos de classes de materiais a serem empregados no edifício de cada classe específica, através das tabelas da It 10 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019).

#### **4.8 IT 09/ 2019 (Compartimentalização Horizontal e Compartimentalização Vertical)**

Uma das formas de se garantir que o fogo não se alastre para outros ambientes é isolando ele em um ambiente. E para isso, é preciso isola-lo em um ambiente só. Para isso, foi realizada a IT 09 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019), onde especifica métodos para a compartimentalização dos cômodos de maiores riscos de um incendio do resto do edifício.

As exigências referidas para a compartimentalização é proteções corta fogo entre os ambientes. Isolação de fumaça entre outras coisas. Pra maiores informações, verificar a IT 09 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019).

### **5. Equipamentos e Materiais para o aumento do TRRF**

#### **5.1 Introdução**

Algumas das principais preocupações durante um incêndio é a integridade da estrutura, para a qual, ela não entre em colapso antes da evacuação total do ambiente, prioritariamente devesse manter integras as partes com foco estrutural

como vigas, pilares, lajes e paredes. Devesse trabalhar com a hipótese que o incêndio não será controlado em um curto espaço de tempo, assim, o objetivo é retardar a ação do fogo nesses focos estruturais adiando ao máximo o colapso da estrutura, com isso, diferentes tipos de materiais começam a ter prioridade nas construções nos papéis de revestimentos, preenchimento ou até mesmo a substituição de materiais em determinados pontos. De acordo com o Marcelli (2017), pode-se afirmar que o incêndio pode ser classificado em 4 categorias.

- **Classe A** – Materiais de fácil combustão com ignição por completo (superficial e interno) e deixam resíduos. Exemplo: Madeira, tecidos, papel e fibras.
- **Classe B** – Produtos inflamáveis com ignição por completo, mas não deixam resíduos. Exemplo: Óleos, graxas, vernizes, tintas, gasolina.
- **Classe C** – Ignição causada por equipamentos elétricos. Exemplos: Motores, transformadores, quadros de distribuição e fios.
- **Classe D** – Elementos pirofóricos. Exemplo: magnésio, zircônio, Titânio.

Com essa classificação pode-se discernir e premeditar qual material devesse usar em cada ambiente para combater os riscos de incêndio daquele determinado local, com tudo, devesse se atentar a qual classe de materiais deve priorizar para obter um resultado desejável. Conseguem classificar os materiais de acordo com suas reações físicas e químicas perante a presença de fogo (FRANCO, 2019). Método adotado pela União Europeia, Norma EN13501/ 2000 (European Committee for Standardization, 2000, p. 12), introduzida no ano 2000 com foco em determinar bons materiais antifogo, conseguem especificar uma serie de “classes de materiais” para ser adotadas em obras. As principais classes são:

- **Classe A1** – Não combustíveis e não contribui para o fogo e suas reações. Exemplo: materiais ou produtos de concreto, vidro, aço, pedra natural, tijolos e cerâmica
- **Classe A2** – Pouco combustível e baixa contribuição ao fogo e suas reações. Exemplo: Mesmos materiais ou produtos encontrados na classe A1, mas com presença de uma porcentagem de materiais orgânicos.

- **Classe B – Pouco combustível e muito baixa contribuição para o fogo, mas causam *Flashover*.** Exemplo: materiais ou produtos como placas de gesso e algumas madeiras com proteção contrafogo.
- **Classe C – Combustível, causa *Flashover* aos 10 minutos.** Exemplo: materiais ou produtos como espuma fenólica, ou placas de gesso com revestimentos superficiais mais espessos.
- **Classe D – Combustível, causa *Flashover* antes de 10 minutos. Exemplo:** materiais ou produtos de madeira sem proteção, variando sua reação de acordo com sua espessura e densidade.
- **Classe E – Combustível, causa *Flashover* antes de 2 minutos. Exemplo:** materiais ou produtos, como painéis de fibra de baixa densidade ou sistemas de isolamento compostos de plástico.
- **Classe F - Comportamento indeterminado.** Materiais e / ou produtos não testados. Exemplo: Materiais e / ou produtos não testados.
- **Classe S – Capacidade de elementos que produzem fumaça.** Essa classe em específico é dividido em três subclasses:
  - ✓ **S1-** Baixa opacidade e produção de fumaça.
  - ✓ **S2-** Média opacidade e produção de fumaça.
  - ✓ **S3-** Alta opacidade e produção de fumaça.
- **Classe D – Capacidade de elementos que produzem gotejamento ou partículas inflamadas.** Essa classe em específico é dividido em três subclasses:
  - ✓ **D0-** Não produz gotas ou partículas.
  - ✓ **D1-** Produz gotas e/ou partículas não inflamadas.
  - ✓ **D2-** Produz gotas e/ou partículas inflamadas.

Flashover - é a ignição quase simultânea da maior parte do material combustível diretamente exposto em uma área fechada.

## 5.2 Materiais

A partir de todas essas classificações pode-se então escolher com maior segurança os materiais necessários para cada situação. Desse modo pode-se começar a determinar quais materiais são melhores para cada situação ou local.

### **5.2.1 Gesso**

Um dos materiais é o gesso, que é facilmente encontrado em casas de material de construção, pode ser uma ótima opção para o combate a incêndios devido ao seu bom comportamento na presença de fogo. Muitas vezes utilizados em elementos de suporte ou em camadas de proteção, o gesso não queima ou se danifica devido sua reação química endotérmica que impede a propagação do fogo. O gesso tem uma fácil aplicação e curto período de execução (BERTOLINI, 2016)

Um dos tipos de gesso é o *Cimentitious Fireproofing* ou gesso com fibras é um material com um alto poder de combate térmico foi projetado com intuito de proteger perfis de aço, paredes e tetos, com um grande tempo de durabilidade e resistente a humidade, aplicado por maquinário e mão de obra especializada não é um produto de fácil acesso (BERTOLINI, 2016)

### **5.2.2 Mantas**

Um outro material muito utilizado é a manta, tanto de fibra cerâmica ou lã de rocha. São os materiais com melhor custo/benefício desse conjunto de materiais, facilmente encontrado em casas de material de construção com venda por metros, alta trabalhabilidade, ótima resistência térmica, extremamente leve, facilmente instalado, são a melhor opção para utilizar em telhados, paredes, pisos, estúdios, salas de cinema, coberturas e paredes externas. Com baixíssima condutividade térmica e alta estabilidade química são ótimos materiais para se obter um bom resultado no combate a incêndios com um preço mais acessível.

### **5.2.3 Tintas**

Tintas Intumescentes são tintas específicas para o combate ao incêndio em estruturas de aço. Na presença de calor em uma determinada temperatura a tinta entra em um processo de expansão formando assim uma espécie de espuma rígida

na superfície da estrutura, retardando os efeitos do fogo. Facilmente aplicável, mas com um preço um pouco elevado tintas intumescentes podem ser uma ótima opção para superfícies metálicas com difícil acesso.

## **6. Estudo de Caso**

### **6.1 Introdução do projeto**

Para esse estudo, foi projetado um edifício residencial de múltiplos pavimentos de seis andares. Ele é composto por um térreo de 365, 28 m<sup>2</sup> de área e cinco andares de 242, 80 m<sup>2</sup> cada. A área total do edifício é de 1579, 28 m<sup>2</sup>. Este projeto arquitetônico foi realizado apenas para exemplos de aplicações estudadas.

### **6.2 Aplicação da NBR 9077/ 2001 (Saída de Emergência em Edifícios)**

#### **Passo 1**

Para determinar o grupo que o edifício pertence, se analisou a tabela 1 foi determinado que o edifício pertence ao **grupo A - divisão A-2**.

#### **Passo 2**

Após isso, determinou-se a classificação quanto à sua altura. O edifício em questão tem 16 metros de altura do piso do térreo até o piso do último pavimento. Por conta da configuração do prédio em relação ao estacionamento, foi determinado a classificação **Código O, denominação edificação alta, O-2**.

#### **Passo 3**

Com isso, é possível determinar em cada área do edifício uma classificação em relação a suas dimensões em planta. No  $\alpha$ , se utiliza a área do maior pavimento do edifício, que é o térreo, e nisso se determina que o pavimento é classificado como **Pequeno Pavimento, P**. Para o  $\beta$ , como não há subsolo, não há classificação. Para

□, com a soma de todos os pavimentos do prédio, se determina a classificação **Edificação Grande, V**.

#### Passo 4

Também se classificou o edifício quanto a suas características construtivas. Como o edifício em estudo foi projetado em concreto armado e inteiramente projetado para ter uma boa resistência ao fogo, determinou-se a classificação Z.

#### Passo 5

Com as classificações definidas, utiliza-se a tabela 5 para se obter um parâmetro de população no edifício por pavimento. Também se determina a capacidade unitária de passagem necessária nos acessos, escadas e saídas de emergência. No edifício em questão, foi determinado através da tabela 1 o grupo à qual ela pertence. Com as classificações, determinou-se que a capacidade unitária de passagem de **acessos e descargas com 60, escadas e rampas 45 e portas 100**.

#### Passo 6

Com a capacidade da unidade definidas e a população definidas, é possível calcular a largura mínima que as rotas de saída do edifício devem ter. No caso do edifício do estudo de caso, foi definido duas pessoas por dormitório. Como do 1 ao 5 pavimento existem cerca de 4 apartamentos por andar, foi definido que a população por pavimento é de **8 pessoas**. Com isso, foi feita a utilização da Formula 1:

$$N = \frac{P}{C} \quad N = \frac{8}{60} \quad N = 0,13 \text{ (Acessos e descargas); Largura adotada de 1,20 metros}$$

$$N = \frac{P}{C} \quad N = \frac{8}{45} \quad N = 0,17 \text{ (Escadas e Rampas); Largura adotada de 1,20 metros}$$

$$N = \frac{P}{C} \quad N = \frac{8}{100} \quad N = 0,8 \text{ (Portas); Largura adotada de 2,20 metros}$$

Assim, se adotará para análise do edifício a largura mínima de **1,20 metros**, apesar da norma permitir 1,10 metros, por conta da IT 11 (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019).

### **Passo 7**

A seguir, é necessário definir quantas saídas de emergência o edifício residencial exemplo do estudo de caso irá necessitar. Utilizando os dados obtidos nos passos 1 e passo 2, que são respectivamente as classificações de Grupo A e Classificação Edificação alta O-2. Assim, foi definido que a edificação pode ter apenas uma saída de emergência, mesmo sendo um edifício multifamiliar, pois não há mais de 4 unidades autônomas. O tipo de escada que ela necessita será de PF (Escada a prova de fumaça)

### **Passo 8**

Sabendo as características que deve haver na escada do edifício, como largura mínima de 1,10 e a prova de fogo, é possível dimensionar as escadas. As escadas no projeto anteriormente não previam a possibilidade de a escada ter que ser PF (Prova de Fogo). Com isso, será necessário projetar uma antecâmara para obedecer a norma. Também ter suas paredes resistentes a 4h de fogo e portas corta fogo resistentes a fumaça de a mínimo 30 minutos de fogo (P-30) entre a antecâmara e a escada, assim como mostra a figura 5.

Figura 5 – Antecâmara



Fonte: do autor

### Passo 9

A NBR 9077/ 2001 também permite determinar se será ou não necessário a utilização do alarme no edifício. Utilizando os dados das tabelas 1, 2 e 3, que são respectivamente as classificações de Grupo A, Classificação Edificação alta O-2 e dimensão de planta P. Assim, se define que **será necessário o uso de alarme** no edifício.

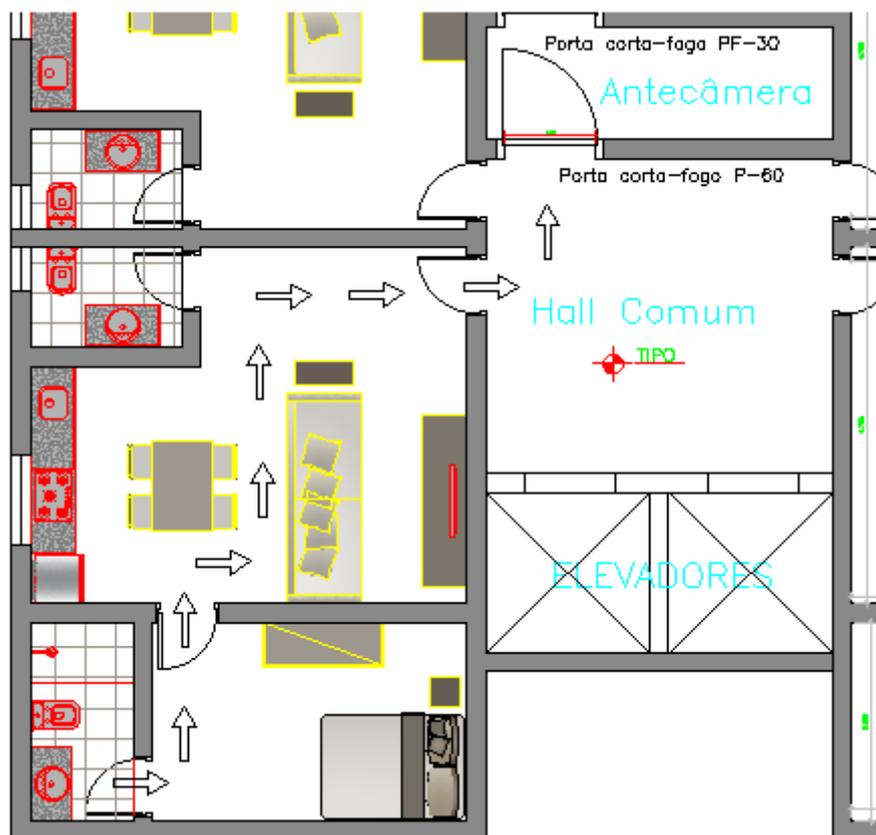
### Passo 10

Com os dados obtidos nas tabelas 4 e na tabela 1, é possível determinar a distância máxima a serem percorridas em qualquer ponto do edifício estudado. Para efeitos de análise, foi considerado que o edifício contará com um sistema de chuveiro automáticos. Como foi definido anteriormente, nos passos 4 e 1, o tipo de edificação e o grupo à qual ele pertence são respectivamente, Tipo z e Grupo A. Com essas classificações, foi determinado que a distância máxima permitida para

que uma pessoa tenha que percorrer do ponto mais distante do edifício até a saída de incêndio é de 55,0 metros.

Analisando a configuração do edifício por sua planta arquitetônica, constou-se que a distância do ponto mais distante a antecâmara da escada de incêndio são de 15 metros, como mostra a figura 6, a qual o caminho para a saída do ponto mais distante é representado pelas setas.

Figura 6 – Caminho para a saída de emergência



Fonte: o autor

### 6.3 Aplicação da NBR 11742/ 2003 (Porta Corta-fogo para Saída de Emergência)

Para utilizar a NBR 11742/ 2003 corretamente, deve-se obedecer as normas vigentes NBR 9077/ 2001, que especifica qual porta de saída de emergência se deve utilizar para o caso das antecâmaras das escadas de emergência. Também deve-se estar ciente do TRRF que o edifício deve ter, através da NBR 14432/ 2001,

a qual especifica o TRRF (Tempo Requerido de Resistencia ao Fogo). No caso do edifício Multifamiliar apresentado no estudo, a o TRRF requerido são de 60 minutos.

Ou seja, o tempo necessário para que a estrutura resista ao incendio para que as pessoas se retirem em segurança são de 60 minutos. Logo, as portas recomendadas para ser utilizadas nas saídas de emergencia recomendadas são as **Portas Corta-fogo P-60**, entre a área útil do pavimento e a antecamera da escada de saída de emergencia.

No total, são utilizadas **6 portas Corta-Fogo PF-30**, entre as ante-cameras e as escadas, e **6 portas Cortas-fogo P-60** entre a área util do pavimento e a antecamera.

#### **6.4 Aplicação da NBR 12693/ 2013 (Sistemas de proteção por extintor de incêndio)**

##### **Passo 1**

Para aplicação da NBR 12693/ 2013 para o edifício Multifamiliar de seis pavimentos, é necessário averiguar todas as saídas existentes em cada pavimento do edifício analisado. Como o pavimento do edifício são idênticos, se baseia a saída sendo como a partir da porta corta-fogo P-60. E o ponto mais ideal de se posicionar um extintor de incêndio é entre as portas dos apartamentos, pois não há sinais de obstrui

##### **Passo 2**

Assim que determinar um local onde posicionar, se deve analisar o redor. Como o projeto Multifamiliar de múltiplos pavimentos não especifica os itens presentes, se deve presumir. Como sendo um hall de entrada, não há materiais perigosos, sendo o maior potencial incendiário dentro dos próprios apartamentos. Então, se determina os riscos Classe A e Classe C.

##### **Passo 3**

Selecionando as classes de incêndio que se deseja combater, se deve utilizar as tabelas 9 e 10 para determinar a capacidade extintora mínima que os extintores necessitaram.

## 6.5 Aplicação da NBR 14432/ 2001 (Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento)

### Passo 1

Para aplicar a NBR 14432/ 2001 para determinar se o TRRF, será necessário utilizar a Tabela B.1. Como já determinamos anteriormente o Grupo a qual o edifício multifamiliar está incluído, que é o Grupo A, divisão A-2, podemos partir para o passo 2.

### Passo 2

Tendo a classificação do edifício em mãos, é possível determinar o tempo requerido de que a edificação resista ao fogo para que seus residentes evacuem. No caso do edifício multifamiliar, considerando não haver subsolo, determinou-se que o edifício precisava aguentar cerca de **60 minutos** ao fogo.

### Passo 3

A determinação das cargas de incêndio específicas é através das cargas de incêndio geral, que por sinal, que é dada pela soma de todas as cargas de incêndio específicas no pavimento. No caso do edifício multifamiliar, foi estabelecido que os pavimentos têm uma carga de incêndio de cerca de **1.200 MJ/ m<sup>2</sup>**, sendo que cada apartamento, de acordo com a tabela 14, tem uma carga de 300 MJ/m<sup>2</sup>.

### Passo 4

Com a carga de incêndio especificada, é hora de determinar os tipos de risco que a edificação sofre. O edifício multifamiliar tem cerca de 1.200 MJ/m<sup>2</sup> por pavimento. De acordo com a tabela abaixo, o edifício a qual está sendo estudado, tem uma **taxa de risco ALTA**

## 6.6 Aplicação da NBR 14880/ 2014 (Escada de Segurança – Controle de Fumaça por pressurização)

### Passo 1

Para projetar as escadas, foi necessário averiguar as dimensões onde a escada de incêndio precisaria ficar. Era um poço de 4,5x4,5 metros, altura de 18 metros,

tendo ligação nos 5 andares e no térreo. A altura de um pavimento para o outro era de 3 metro. A largura mínima foi determinada na NBR 9077/ 2001, que era de 1,20, mas no projeto foi adotada uma largura de 1,50 metros.

Assim, seguindo a fórmula de Blondel, foi determinado que o piso teria um comprimento de **28 cm** e um espelho de **18 cm**. Na altura de 1,5 metro nos pavimentos, foi adicionado um patamar de 1,5x4,5 metros.

Para que a escada seja pressurizada, foi adicionado uma antecâmara de 1,8x4,5 metros antes da entrada da escada do 1 ao 5 andar.

## **Passo 2**

Com as escadas definidas, foi necessário verificar se a escada enclausurada tem os requisitos mínimos para ela se adequar a norma. Para isso, foi utilizada a tabela 1 do Anexo A da NBR 14880/ 2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 21). Foi determinado que precisaria de uma porta corta fogo aberta, e não teria a necessidade de um gerador automatizado para pressurizar a escada.

## **Passo 3**

Com todos os conformes verificados, basta sinalizar a escada de acordo com a norma de sinalização presente.

### **6.7 Aplicação da NBR 9062/ 2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto Pré-moldado**

A norma especifica para seguir o dimensionamento como já mostra na NBR 1500/2004. Também é melhor detalhado nos capítulos 7 e 8 deste estudo.

### **6.8 Aplicação da NBR 10898/ 2000 – Sistema de Iluminação de Emergência**

Para aplicar o sistema de iluminação no edifício de múltiplos pavimentos, se averiguou os lugares e ambientes as quais seriam necessárias iluminação para uma possível evacuação. Nisso, notou-se que os ambientes as quais necessitariam de uma iluminação emergencial são os respectivos halls de entradas dos apartamentos do 1 ao 5 andar, as escadas de emergência e o térreo.

Para os halls de entradas, foram colocadas luminárias automáticas de menos de 30V, ligadas a rede principal do edifício. Elas foram posicionadas entre as portas dos apartamentos e ao lado da porta corta-fogo da saída de emergência.

### **6.9 Aplicação da NBR 15200/ 2012 (Projetos de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento)**

É melhor detalhado nos capítulos 7 e 8 deste estudo.

### **6.10 Aplicação da NBR 13434-2/ 2004 – Sinalização de segurança contra incêndio e Pânico**

Para aplicar a sinalização de segurança contra incêndio e pânico, é preciso determinar quais a necessidade do seu edifício. No caso de um edifício residencial, não há necessidade de uma sinalização indicando a direção da saída de emergência, por conta da obrigatoriedade dos treinamentos de simulação de situação de incêndio que os moradores precisam realizar. Porém ainda é necessário indicações de onde estão posicionados os extintores de incêndio. E avisos para as escadas de incêndios pressurizadas e as portas corta-fogos presentes entre a área útil e a saída de emergência.

## **7. Análise para a resistência estrutural das vigas e pilares**

Com grande compromisso em resistir ao fogo, e não ao estrutural, foi utilizado o método de análise Tabular presente na norma NBR15200, onde é apresentado diversas tabelas com alternativas de vigas, pilares, lajes já testadas em ensaios de laboratório, dessa forma pudesse dimensionar com maior segurança cada elemento estrutural do estudo de caso em questão.

Para início do dimensionamento devemos determinar o TRRF (Tempos requeridos de resistência ao fogo) da estrutura em questão, utilizando a seguinte formula para determinar a Altura de cálculo, que foi obtida:

### Fórmula 3 – Calculo da altura do edifício

$$H = (\text{PÉ DIREITO TERRIO}) + (\text{N}^\circ \text{ DE APARTAMENTOS} - 1) \times (\text{PÉ DIREITO DE CADA APARTAMENTO})$$

Dessa forma pudesse começar a identificar o tipo, subgrupo e TRRF da estrutura em questão com base as Tabelas 1 e Tabelas 11, também presentes na NBR14432/ 2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 7).

De acordo com projeto adotado nesse estudo de caso as determinações foram:

$$H = 3,6\text{m} + (5 - 1) \times 2,4\text{m}$$

$$H = 13,2\text{ m}$$

Tabela 1 – TIPO: A (Residencial) SUBGRUPO A-2 (Apartamentos em geral)

Tabela 11 – TRRF: Classe P3 (12m < H < 23m) = 60 minutos.

### 7.1 Análise Global da Estrutura

Nesse estudo de caso, assumisse que o grau de agressividade do ambiente seja de grau 2 (zonas Urbanas), através da tabela 22. Dessa maneira determinasse o cobrimento mínimo para lajes (>ou= 25mm), através da tabela 18 e vigas e pilares (>ou= 30mm).

Tabela 22 – Classe de agressividade ambiental (CAA)

<b>Classe de agressividade ambiental</b>	<b>Agressividade</b>	<b>Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto</b>	<b>Risco de deterioração da estrutura</b>
<b>I</b>	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
<b>II</b>	Moderada	Urbana	Pequeno
<b>III</b>	Forte	Marinha	Grande

		Industrial	
<b>IV</b>	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingo de maré	

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118/2014. Projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro. Págs. 17. 2014

## Laje

Para um TRRF = 60 minutos utilizasse lajes alveolares de H=80mm, se revestida para fins de proteção térmica (20mm de argamassa de cimento Portland e areia), pudesse ser adotado H=160mm, portando H= 60 + 20 = 80mm – OK.

De acordo com a NBR 15200/ 2012 prescreve as dimensões mínimas da espessura e da distância entre o CG da armadura e a superfície aquecida. (Apenas no método tabular)

### Fórmula 4 – Método tabular

$$C1 \sim C + \Delta c$$

Onde: C1 – Distância entre CG da armadura e a superfície mais próxima (mm)

C – Cobrimento das armaduras (mm)

$\Delta c$  = lajes (5 mm) vigas e pilares (10 mm)

Para um TRRF = 60 minutos de uma lajem cogumelo o cobrimento da armadura(c1) indicado na tabela de é de 20mm, porem utilizando o método de dimensionamento devido a classe de agressividade obtém-se assim:

$$C1 = 20\text{mm} + 5\text{mm} = 25\text{mm} = 25\text{mm} - \text{OK!}$$

## Vigas

Para um TRRF = 60 minutos utilizasse vigas bi apoiadas H=120mm. A distância a ser adotada no cobrimento da armadura (c1) nesse caso é de 40mm, devido a

classe de agressividade (mínimo 30 mm) o dimensionamento das vigas bi apoiadas está OK!

### Pilares

Nesse estudo de caso, foi utilizado apenas pilares de canto assim tendo no máximo até 2 fases expostas ao fogo, representados como pilares-parede, expostas a maior solicitação possível na temperatura ambiente ( $\mu_{fi} = 0,7$ ), determina-se de acordo com a NBR15200 o uso de  $H=140\text{mm}$ . Devido a classe de agressividade do ambiente utilizamos a cobertura da armadura ( $c_1$ )  $\geq 30\text{mm}$  (NBR15200 nesse caso é exigido  $10\text{mm}$ ).

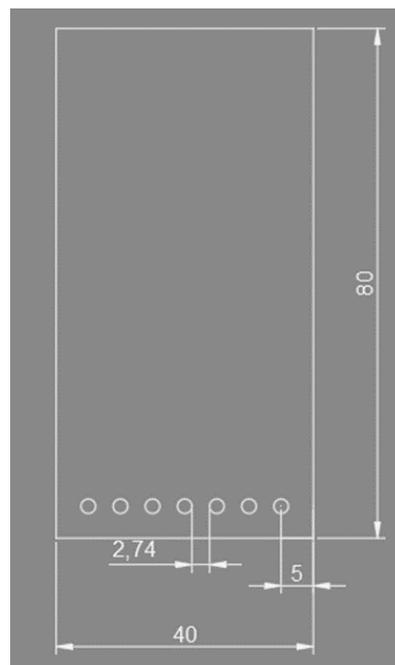
Com  $+20\text{mm}$  de revestimento:

$C_2 = 10\text{mm} + 20\text{mm} = 30\text{mm} = 30\text{mm} - \text{OK!}$

### 7.2 Análise das vigas protendidas (40x80) $f_{ck} = 40\text{MPa}$

A análise da viga protendida 40x80 cm, como mostra a figura 7.

Figura 7 – Croqui de viga de 40x80 cm



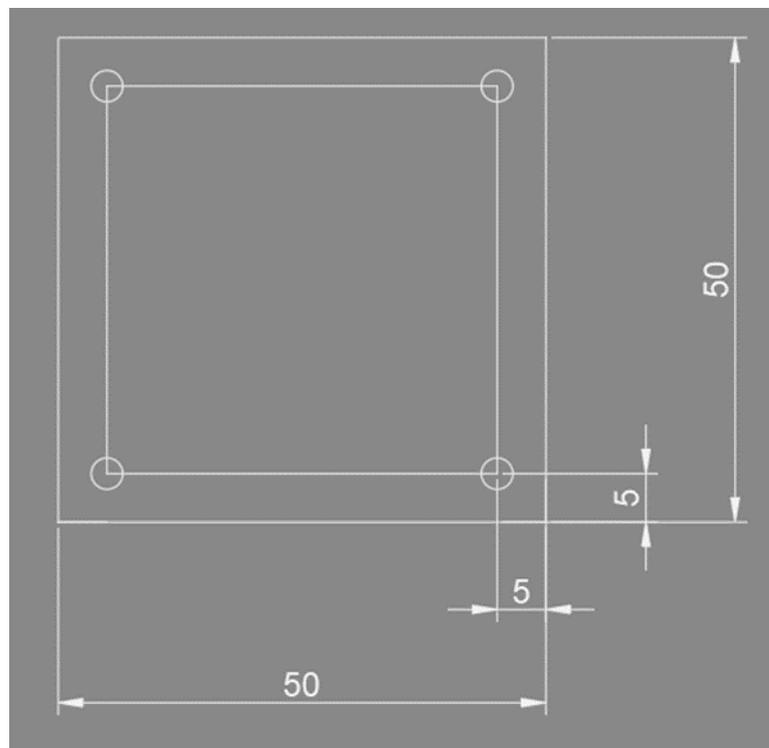
Fonte: do autor

De acordo com o método de tabular essa viga passa em TRRF de 60 minutos. Para que essa viga tenha resistência efetiva maior, a camada de concreto entre a superfície da peça e das cordoalhas devem ser maiores.

### 7.3 Análise dos pilares armados (50x50) $f_{ck} = 40\text{MPa}$

A análise do pilar armado 50x50, como mostra a figura 8.

Figura 8 – Croqui do pilar 50x50 m



Fonte: do autor

De acordo com o método de tabular esse pilar passa em um TRRF de 120 minutos, o pilar foi considerado de pilar-parede com 2 fases expostas ao calor no seu pior caso ( $\mu_{fi}=0,7$ ).

Para que esse pilar tenha mais alguma resistência efetiva ele deve ser alterado geometricamente até atender os requisitos mínimos do método tabular.

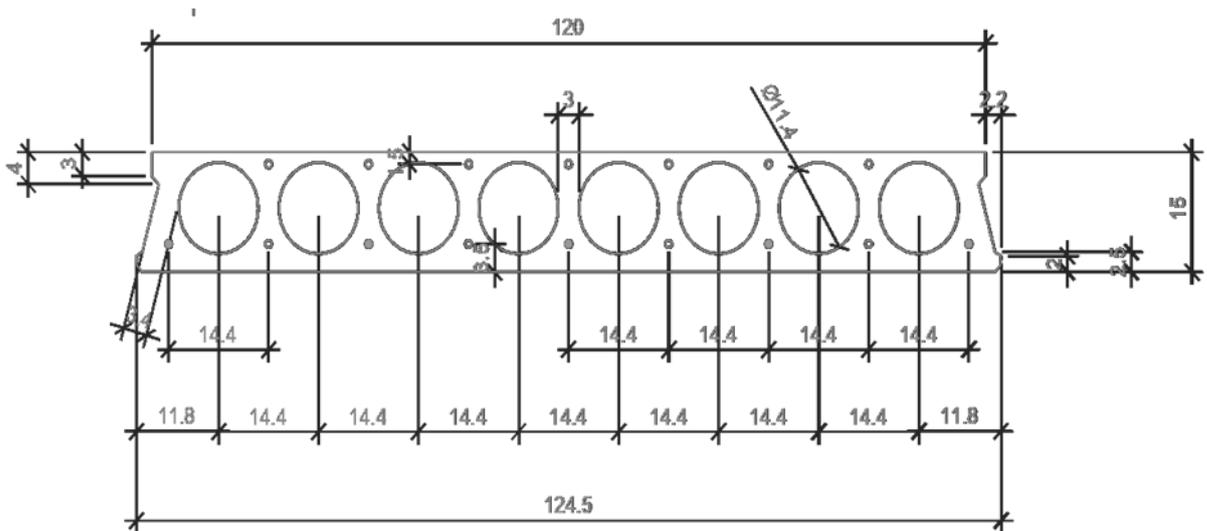
### 8. Análise para a resistência estrutural para as lajes

## 8.1 Análise das lajes

### 8.1.1 Laje de 15 cm

A análise da laje alveolar de  $h = 15$  cm, como mostra a figura 9.

Figura 9 – Croqui da laje alveolar de  $h=15$  cm



Fonte: do autor

Com uma análise entorno da peça, foi disposta as informações de acordo com a tabela 23.

Tabela 23 - Quadro de informação da análise da laje de  $h=15$  cm

Bitolas	9,5mm
Distância entre as bitolas	14,4 cm
Cobrimento da armadura	25mm
Para um TRRF	60 minutos
Hmin	80mm < 150mm
Altura mínima	8cm < 15cm
Cobrimento de armadura	20mm < 25mm

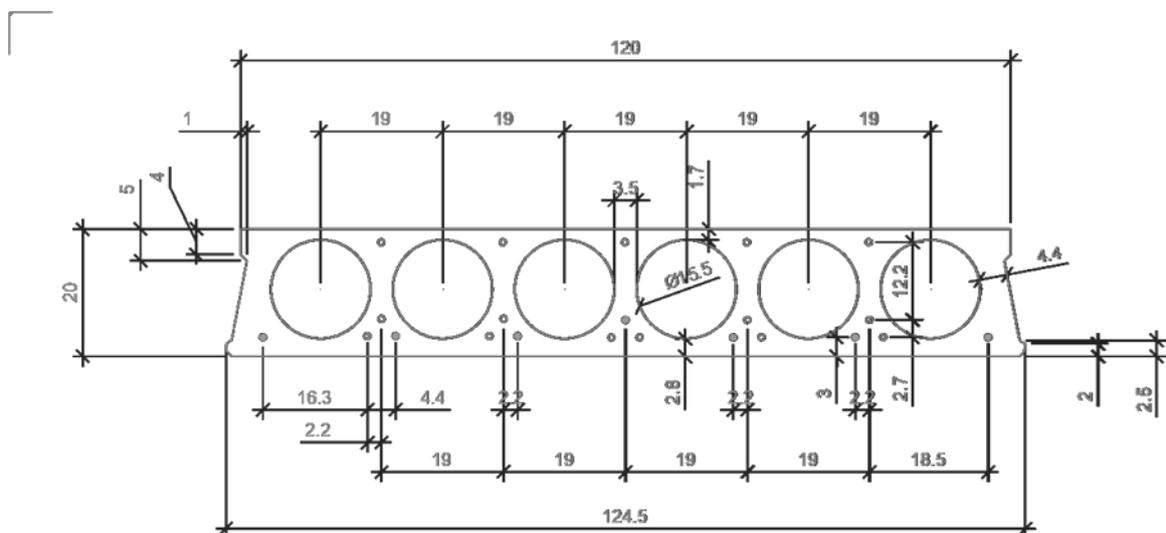
Fonte: do autor

Uma laje alveolar de 15cm protendida com bitola 9.5mm espaçamento de 14.4cm apresenta todos os aspectos mínimos para a resistência de um TRRF = 60 minutos. Resiste somente até TRF = 60 minutos.

### 8.1.2 Laje de 20 cm

A análise da laje alveolar de h = 20 cm, como mostra a figura 10.

Figura 10 - Croqui da laje alveolar de h=20 cm



Fonte: do autor

Com uma análise entorno da peça, foi disposta as informações de acordo com a tabela 24.

Tabela 24 - Quadro de informação da análise da laje de h=20 cm

Bitolas	9,5mm
Distância entre as bitolas	18cm (variado devido a quantidade de cordoalhas)
Cobrimento da armadura	25mm
Para um TRRF	60 minutos
Hmin	80mm < 200mm
Altura mínima	8cm < 20cm

Cobrimento de armadura	20mm < 25mm
------------------------	-------------

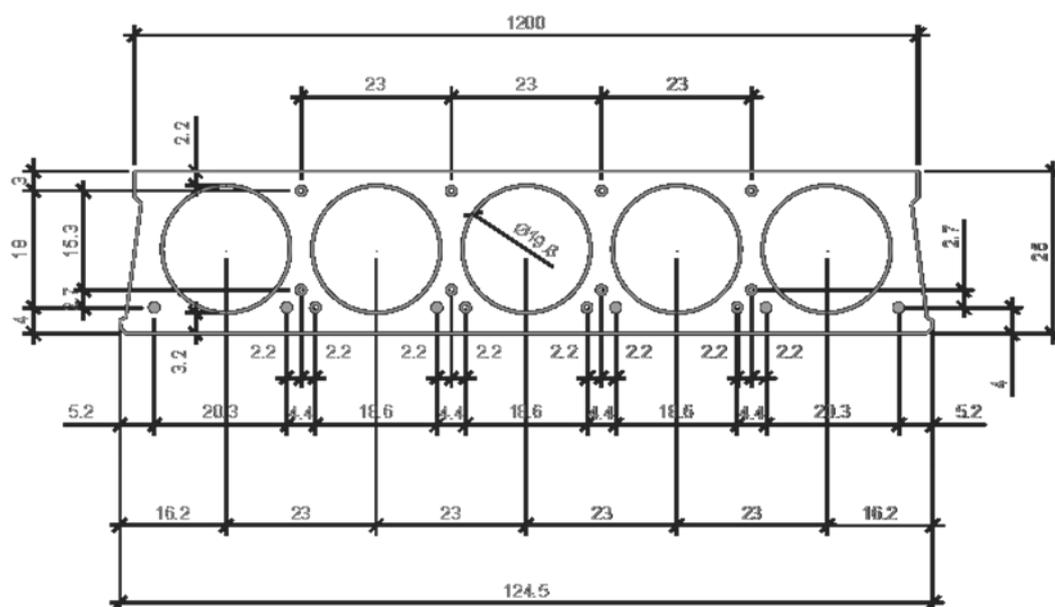
Fonte: do autor

Uma laje alveolar de 20cm protendida com bitola 9.5mm espaçamento variado de 18cm apresenta todos os aspectos mínimos para a resistência de um TRRF = 60 minutos. Resiste até um TRF = 90 minutos.

### 8.1.3 Laje de 25 cm

A análise da laje alveolar de h = 25 cm, como mostra a figura 11.

Figura 11 - Croqui da laje alveolar de h=25 cm



Fonte: o autor

Com uma análise entorno da peça, foi disposta as informações de acordo com a tabela 25.

Tabela 25 - Quadro de informação da análise da laje de h=25 cm

Bitolas	12.7mm
Distância entre as bitolas	~23cm (variado devido a quantidade de cordoalhas)

Cobrimento da armadura	40mm
Para um TRRF	60 minutos
Hmin	80mm < 250mm
Altura mínima	8cm < 25cm
Cobrimento de armadura	20mm < 40mm

Fonte: do autor

Uma laje alveolar de 25cm protendida com bitola 12.7mm, espaçamento variado de 23cm apresenta todos os aspectos mínimos para a resistência de um TRRF = 60 minutos. Resiste até um TRF = 120 minutos.

## 8.2 Laje com proteção inferior e fundo exposto

Lajes podem ou não necessitar de uma camada de proteção como já apresentada. No caso do edifício multifamiliar de múltiplos pavimentos, poderiam ser usadas as lajes de 15 cm, a qual já se enquadraria na resistência necessária para o prédio. Ou seja, poderia ter uma laje com fundo exposto.

Agora em um caso mais extremo, onde o TRRF do edifício supera os 60 minutos e por questões estéticas ou processuais, seria apenas possível utilizar a laje de 15 cm, qual outra alternativa a ser utilizada? Apenas com proteções externas a peça da laje. Um desses casos seria a forro de gesso; argamassa de Asbesto; mantas de fibra cerâmica ou lã de rocha. Com eles, é possível aumentar uma determinada quantidade de tempo de resistência ao fogo (TRF).

### 8.2.1 Forro de gesso

Forro de gesso é uma ótima alternativa para revestir o fundo exposto de uma laje. O gesso naturalmente não sofre alterações e reações na presença do fogo, facilmente encontrado e com um preço não muito elevado, fácil mão de obra e além disso pode aumentar a resistência ao fogo da laje em até 90 minutos, dependendo do tipo utilizado pelos edifícios (TETOS KNAUF, 2019).

No caso do edifício do estudo de caso, o forro seria instalado para haver uma divisão entre a laje e o ambiente e garantiria TRF da laje de até 150 minutos.

### **8.2.2 Manta cerâmica**

Uma outra solução também possível para aumentar o TRF da laje é a aplicação da manta cerâmica. Ela é soldada junto a peça da laje junto com um quadro metálico, garantindo uma fixação com pinos de aço de carbono. No caso, se utilizada duas folhas da manta, é possível garantir um aumento de 120 minutos na resistência da laje.

No caso do edifício do estudo de caso, seria possível aplicar essa manta diretamente na laje, porém teria que ser analisado o aumento dos esforços sobre ela, já que a manta possui uma densidade nominal de  $96 \text{ kg/m}^3$ . Sendo ela aplicada, poderia colocar um forro habitual, sem necessidade de resistência ao fogo. Assim, a laje teria uma resistência de 180 minutos ao fogo.

## **9. Conclusão**

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise aprofundada sobre como deve ser preparado um edifício para o combate e prevenção de incêndio, a qual muitas vezes não é considerada ao se planejar e dimensionar um edifício de múltiplos pavimentos. Além disso, permitiu uma análise estrutural dos elementos presentes na estrutura de um prédio e como um dimensionamento preventivo contra o fogo pode salvar vidas.

Em uma análise aprofundada, pode-se perceber que para um prédio multifamiliar de múltiplos pavimentos estar de acordo com as normas e instruções técnicas de São Paulo, foi necessária uma utilização de uma área considerável do edifício para que ele se adequasse aos documentos vigentes analisados neste estudo. Isso inclui a implementação de antecâmaras antes das escadas de emergência, sendo isto uma exigência. Com isso, foi utilizada uma área considerável no projeto, onde caso não tivesse sido considerada anteriormente, mudaria totalmente o projeto arquitetônico.

Na análise estrutural do edifício, foi constatado que, nas vigas e nos pilares, não seria necessário um aumento da distância da face da peça e das bitolas, que no caso o utilizado para efeitos de exemplo, eram de 5 cm. No caso da laje, foi

analisado que usando um modelo de laje alveolar de 15 cm, já era necessária para que ela pudesse aguentar um TRRF de 60 minutos, a qual foi definido em análises anteriores. Esse modelo de laje de 15 cm aguenta os 60 minutos requeridos. Porém, foram analisadas outras espessuras de lajes alveolares, como a de 20 cm, que foi determinado que suporta cerca de 90 minutos e a laje de 25, que suporta 120 minutos.

Ainda assim, para efeitos de estudo mais completos, foi analisado produtos as quais pudessem aumentar a resistência da laje para que ela resistisse a mais tempo ao fogo. Os respectivos produtos analisados garantiram um aumento considerável ao tempo de resistência ao fogo da laje, sendo uma alternativa para situações onde é preciso um aumento da proteção do elemento estrutural.

Assim, conclui-se que ao projetar um edifício de múltiplos pavimentos, deve atentar sempre a segurança de seus residentes, seja no projeto arquitetônico, seja no projeto estrutural. E deve-se lembrar: um projeto de prevenção de incêndio não é gasto, é um investimento para garantir a vida.

## **10. Referências bibliográficas**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS (ABNT). NBR 9077/ 2001:  
Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro. 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS (ABNT). NBR 11742/ 2003:  
Porta corta-fogo para Saídas de Emergência. Rio de Janeiro. 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS (ABNT). NBR 14432/ 2001:  
Exigências de Resistencia ao Fogo de Elementos construtivos de Edificações -  
Procedimento. Rio de Janeiro. 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS (ABNT). NBR 12693/ 2013:  
Sistemas de Proteção por Extintor de Incêndio. Rio de Janeiro. 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15200/ 2012: Projetos de estruturas de Concreto em situação de Incêndio. Rio de Janeiro. 2012

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9062/ 2017: Projetos de estruturas de Concreto em situação de Incêndio. Rio de Janeiro. 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10898/ 2000: Sistemas de iluminação de emergência. Rio de Janeiro. 1999

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13434-2/ 2004: Sinalização de Segurança contra incêndio e pânico. Símbolos, suas formas, dimensões e cores. Rio de Janeiro. 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14880/ 2014: Saídas de emergência em edifícios – Escada de incêndio – Controle de fumaça por pressurização. Rio de Janeiro. 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9050/ 2015: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro. 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118/ 2014. Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro. 2014

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (ESC) EN13501/ 2000: Fire classification of construction products and building elements. London. 2000

BRASIL. Estado de São Paulo. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **IT 11:** Saídas de Emergência. São Paulo, 2019.

BRASIL. Estado de São Paulo. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **IT 21:** Sistemas de proteção por extintores de incêndio. São Paulo, 2019.

BRASIL. Estado de São Paulo. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **IT 08:** Resistência ao fogo dos elementos de construção. São Paulo, 2019.

BRASIL. Estado de São Paulo. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **IT 13:** Pressurização de escada de incêndio. São Paulo, 2019.

BRASIL. Estado de São Paulo. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **IT 18:** Iluminação de emergência. São Paulo, 2019.

BRASIL. Estado de São Paulo. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **IT 20:** Sinalização de Emergência. São Paulo, 2019.

BRASIL. Estado de São Paulo. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **IT 10:** Controle de Materiais de Acabamento e de Revestimento. São Paulo, 2019.

BERTOLINI, Lucas. Materiais de Construção. 1º ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

MARCELLI, Maurício. Sinistros da construção civil: causas para danos e prejuízos em obras. São Paulo: Pini, 2017

CAMILLO JÚNIOR, Abel Batista. Manual de prevenção e combate a incêndios. 15ª edição revisada. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2013.

INABA, Roberto. Construções Metálicas: O uso do Aço na Construção Civil. **Portal Metálica Construção Civil.** Disponível em: <<http://www.metallica.com.br/construcoes-metallicas-pintura-e-resistencia-ao-fogo>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

Pereira, Caio. Tipos de extintores de incêndio. Escola Engenharia. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-extintores/>>. Acesso em: 13/07/2019

Vargas, Mauri Resende; Silva, Valdir Pignatta. Resistência ao fogo das estruturas de aço. **imc.** Disponível em: <[http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/artigos1/resistencia\\_ao\\_fogo\\_aco.pdf](http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/artigos1/resistencia_ao_fogo_aco.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2019.

Extintores. Disponível em: <<https://www.hidrofire.com.br/extintores-carga-de-co2.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

BRENTANO, T. A proteção contra incêndio ao projeto de edificações. 2º ed. Porto Alegre: T Edições, 2010.

Fireproofing. Disponível em: <<http://www.urecoat.com/fireproofing>>. Acesso em: 10 de agosto de 2019

Proteção contrafogo em estruturas metálicas. Disponível em: <<http://www.refrasol.com.br/index.php/servicos/protecao-contra-fogo/estruturas-metallicas>>. Acesso em: 10 de agosto de 2019

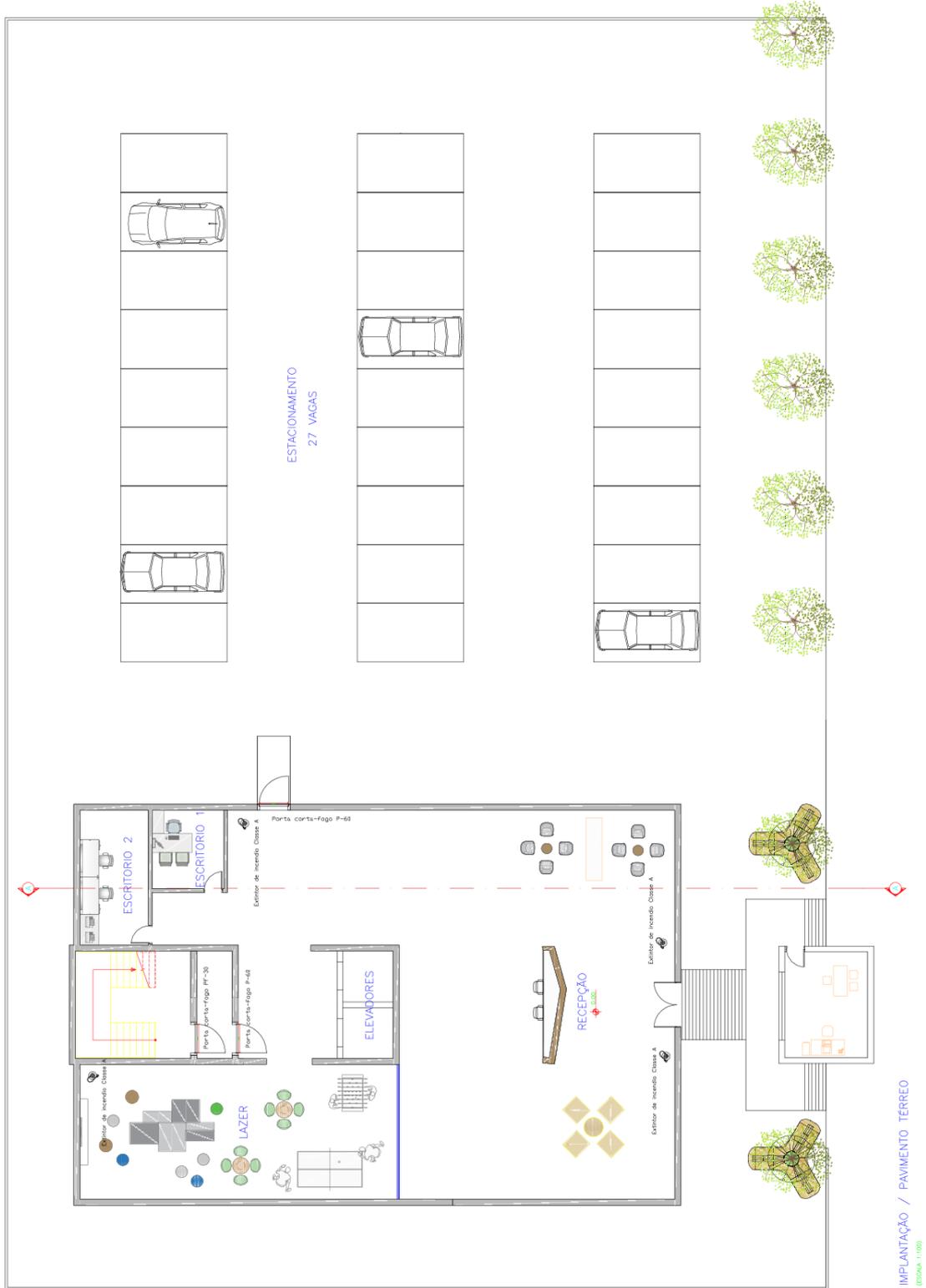
The Fire Safety Advice Centre. Disponível em: <<https://www.firesafe.org.uk/>>. Acesso em: 10 de agosto de 2019

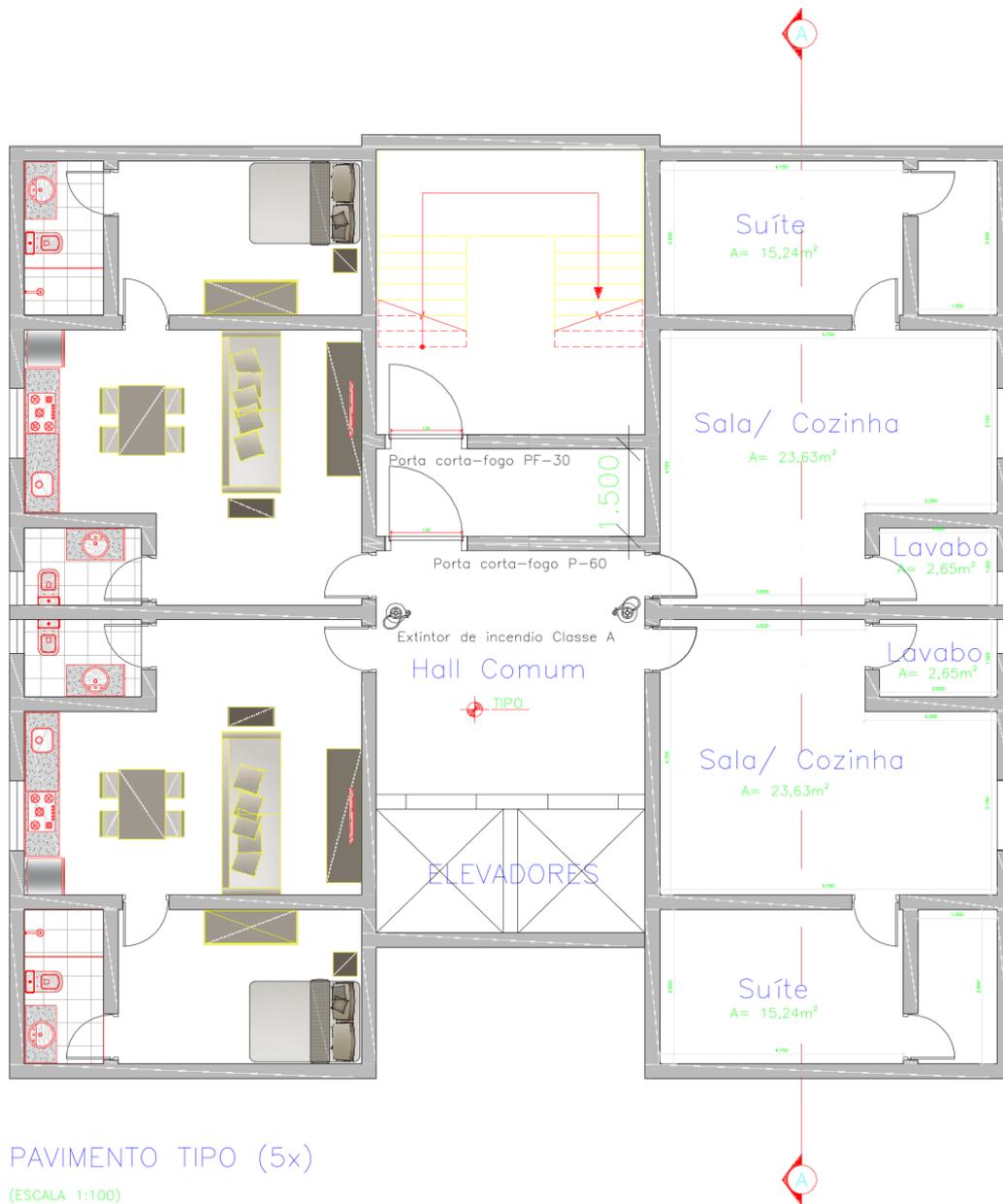
TETOS KNAUF. Disponível em: <<https://knauf.com.br/protecao-ao-fogo/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2019

Manta cerâmica oferece proteção contra incêndio em galpão de fábrica. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/manta-ceramica-oferece-protecao-contra-incendio-em-galpao-de-fabrica\\_2987\\_18701](https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/manta-ceramica-oferece-protecao-contra-incendio-em-galpao-de-fabrica_2987_18701)>. Acesso em: 15 de agosto de 2019

FRANCO, José Tomás. Reação e resistência ao fogo: Como os materiais são classificados em caso de incêndio?2019. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/916037/reacao-e-resistencia-ao-fogo-como-os-materiais-sao-classificados-em-caso-de-incendio>> Acesso em: 10 de agosto de 2019

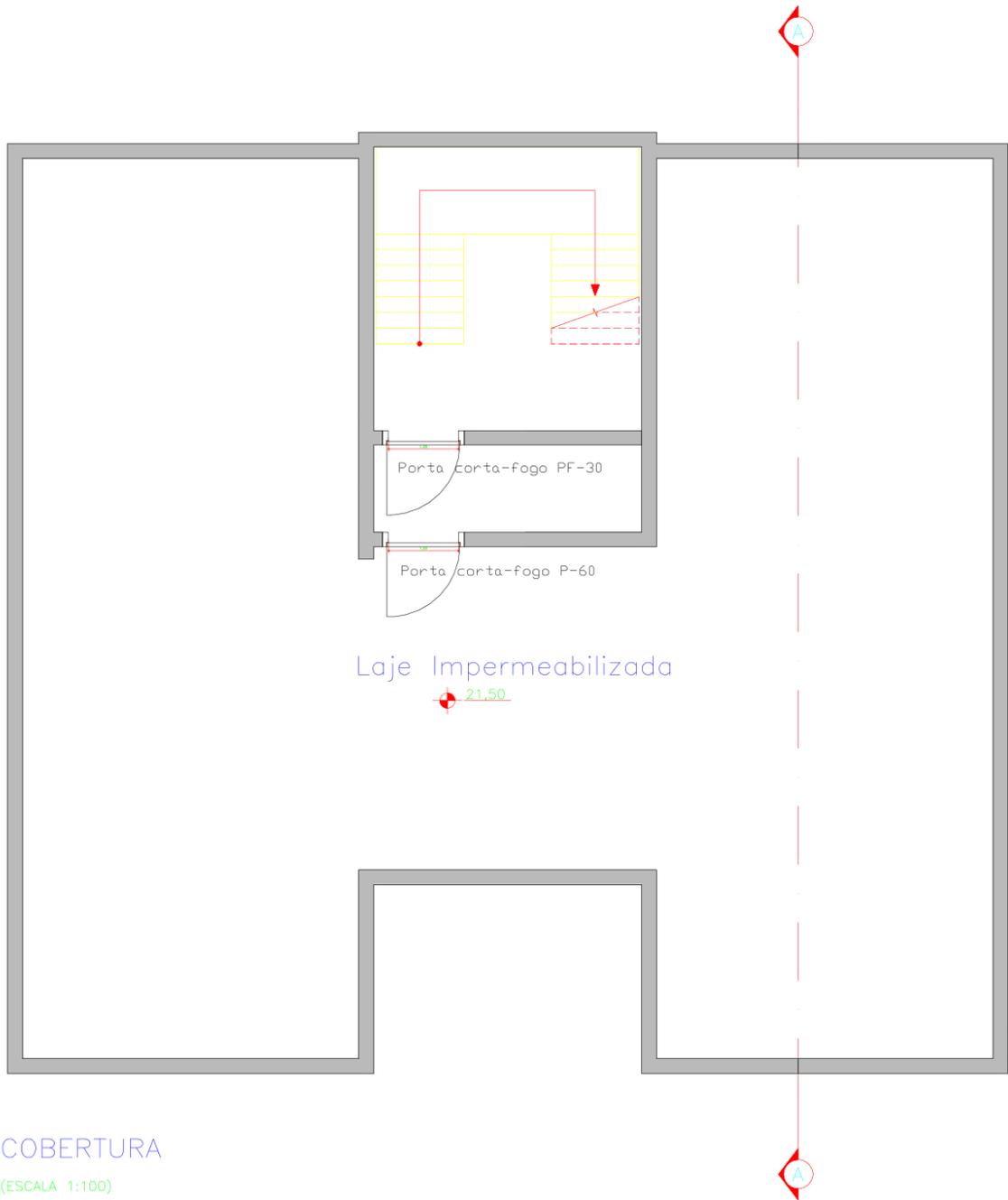
# ANEXO A – Projeto Arquitetônico





PAVIMENTO TIPO (5x)

(ESCALA 1:100)





## **ANEXO B – Entrevista com o bombeiro**

A entrevista foi realizada de maneira semiestruturada. Esse tipo de entrevista combina perguntas abertas e fechadas, onde o entrevistado tem a possibilidade de discorrer sobre o tema proposto. A entrevista foi realizada face a face, esse método tende a favorecer uma maior quantidade de informações coletadas.

Ela durou aproximadamente 1h, aonde foi realizada no Corpo de Bombeiros de Atibaia-SP, durante uma segunda-feira, e o roteiro das mesmas encontra-se neste trabalho. O objetivo dessa entrevista foi descobrir as normas da NBR, como são aplicadas e o que elas auxiliam na Engenharia Civil. A entrevista foi devidamente autorizada pela entrevista em sua utilização neste trabalho. Todas as respostas foram diretamente obtidas pelo entrevistado através de mensagens eletrônicas e conversas pessoais.

### **Entrevista**

Nome completo: **Kleber de Miranda Mazzolini**

Idade: **41 anos**

Quanto tempo atua na profissão de Bombeiro: **16 anos**

Qual o batalhão que serve: **19º Grupamento de Bombeiros**

- **Como tomou conhecimento das normas da NBR?**

Adquirido conhecimento sobre as normas da NBR dentro da instituição do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, através de curso interno na Seção de Atividades Técnicas, norteado pelos Decretos Estaduais e Instruções Técnicas. Atualmente o Decreto Estadual 63.911 10 dezembro 2018 é o que está vigente. O Decreto Estadual, juntamente com as Instruções Técnicas, tomando como base as Normas Brasileiras (NBR) e Normas Regulamentadoras (NR), balizam o correto dimensionamento dos Projetos Técnicos das Medidas de Segurança Contra Incêndio.

- **Como são realizadas as consultas sobre as normas para corpo de bombeiro?**

As consultas são realizadas através de um website disponibilizado pelo Corpo de Bombeiros. (<http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/>)

- **Diariamente tomam conhecimento das normas?**

Frequentemente, não. Normalmente estudam-se os Decretos do Corpo de Bombeiros e as Instruções Técnicas, quando necessário consulta a NBR (Norma Brasileira).

- **Vocês veem muitas construções que seguem as normas?**

Ocorre a vistoria do bombeiro após a obra executada, posteriormente a construção o bombeiro realiza a vistoria acompanhado do projeto técnico aprovado pelo Departamento de Análise Técnica (DAC) do Corpo de Bombeiros e verifica se as medidas de segurança contra incêndio estão conforme o projeto. Na prefeitura acontece a parte de obra e legalização.

- **Você acha que as normas apenas ajudam contra a criação de um incêndio ou ela evita que um incêndio tome proporções maiores?**

A princípio o bombeiro trabalha em cima da prevenção dessa parte, ou seja, as edificações têm que ter as medidas contra o incêndio de acordo com a norma vigente. O bombeiro faz a vistoria para verificar se realmente foram instaladas as medidas de proteções de acordo com o projeto hora aprovado, então quando a edificação está corretamente de acordo com o projeto e de acordo com as instalações ela vai funcionar como meio de prevenção extinguindo focos de incêndio e princípios de incêndio.

Quando um determinado sistema de prevenção a incêndio não funciona pode se passar do princípio incêndio para incêndio, o incêndio é o fogo fora de controle necessitando a atuação do bombeiro. Tais medidas de segurança contra incêndio existentes no projeto também visam evitar a propagação do incêndio, sendo os principais focos a proteção à vida e ao patrimônio.

- **Quais são as orientações que você, como engenheiro, gostaria de passar para pessoas que estão construindo ou irão construir casas e prédios no futuro?**

Seguir o decreto estadual e as normas vigentes do Corpo de Bombeiros.

As normas de Bombeiro vão permitir que você deixe sua edificação segura contra incêndio. O incêndio ocorre por uma falha, pois as medidas de segurança contra incêndio são inexistentes ou porque a medida foi ineficaz ou houve alguma falha.

Difícilmente irá ocorrer problemas se a edificação está de acordo com o projeto, quando este existe, e em conformidade com as normas, pois a prevenção contra incêndio deverá funcionar e proporcionar a extinção do foco de (princípio) incêndio.

Se você tem um galpão um depósito com carga de incêndio alta, vamos supor aí acima de 1.200 MJ/m<sup>2</sup> e a norma exige que acima de 4.000m<sup>2</sup> de área construída, a norma vai pedir compartimentação. Caso não conseguir fazer compartimentação, se você tem um galpão de 6.000m<sup>2</sup> a 10.000m<sup>2</sup> metros de área construída para não colocar compartimentação, a norma exige a instalação de chuveiros automáticos (sprinklers).

Então se houver um foco do incêndio e o sistema estiver corretamente dimensionado, deverá atuar naquele foco, objetivando extinguir aquele princípio de incêndio. Seguindo as normas as chances serão maiores de estar seguro, lembrando que não existe sistema perfeito, mas na maioria dos casos o resultado é conforme o esperado (projetado).

- **Quais são os procedimentos se um edifício de vários pavimentos pegar fogo?**

Se for uma edificação de vários pavimentos ela deve possuir o projeto técnico de medidas preventivas contra incêndio. Nessa edificação, como uma das exigências do projeto, terá os brigadistas, que fazem parte da edificação, trabalhando ou morando ali, e que deverão atuar na tentativa de combater o princípio de incêndio e ajudar as pessoas na evacuação da edificação para um local de segurança ou relativa segurança, até a chegada dos profissionais que irão assumir o sinistro e dar continuidade, no caso de incêndio os bombeiros.

- **Quais os equipamentos utilizados para diminuir os riscos de um edifício em caso de incêndio?**

Diversos, como por exemplo, parede corta-fogo, paredes de compartimentação, chuveiros automáticos, extintores de incêndio, detectores de fumaça, hidrantes e mangotinhos, que são equipamentos para combater o princípio de incêndio ou o incêndio propriamente dito.

As sinalizações são muito importantes, pois tem a função de balizar os ocupantes da edificação para rota de fuga e indicar os diversos tipos de equipamentos ali existentes.

- **A junção de todos os conhecimentos e técnicas influencia no combate de incêndio de edifícios de múltiplos pavimentos?**

Importante nesse caso é edificação possuir um projeto bem dimensionado, projeto com as medidas de prevenção de incêndio de acordo com as normas vigentes. A fim de atender o decreto do Corpo de Bombeiros e as Instruções Técnicas, sendo um projeto bem dimensionado, bem executado. Não adianta ter um projeto aprovado corretamente se a execução falhou em algum ponto.

Desde a elaboração do projeto até sua execução para início da utilização dos sistemas, é muito importante que esteja dentro das normas e esteja dimensionado corretamente, para isso você tem as diversas Instruções Técnicas que irão te orientar.

Se pegar, como exemplo, a instrução técnica nº 22 (Sistemas de hidrantes e mangotinhos) ela vai te orientar para projeção e execução dos equipamentos hidráulicos. Tendo uma área a ser protegida e o caminho que a mangueira irá fazer para dar cobertura a essa área. Então tudo isso é balizado pela Instrução Técnica nº 22.

O cálculo hidráulico que também é muito importante, você vai dimensionar a reserva de incêndio necessária, vai dimensionar a pressão e vazão, para saber a bomba que deverá ser utilizada.

Tendo um projeto bem dimensionado, rota de fuga, caminhamento, balizados pela instrução técnica nº 11 (Saídas de emergência). Um projeto bem dimensionado

é o mais importante, que vai trabalhar na prevenção e/ou no combate de incêndio, salvando vidas e protegendo o patrimônio.

Vai passar por uma análise e vai obter a aprovação ou o comunicado. O comunicado que vai apontar os erros e vai pedir para corrigir a parte que está errada, retornando para a análise e depois de aprovado, executado de acordo com o projeto.

Então, estando de acordo com o projeto bem dimensionado a edificação vai estar bem segura contra incêndio.