

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DIRETORIA DE ENSINO
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR
“Coronel Osmar Alves Pinheiro”
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS**

Cadete BM/2 **VINÍCIUS AUGUSTO FONSECA GARCIA**



**EVIDÊNCIAS ESTRUTURAIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO QUE
VISAM SUBSIDIAR A TOMADA DE DECISÃO DO CHEFE DE
GUARNIÇÃO**

BRASÍLIA
2023

Cadete BM/2 **VINÍCIUS AUGUSTO FONSECA GARCIA**

**EVIDÊNCIAS ESTRUTURAIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO QUE
VISAM SUBSIDIAR A TOMADA DE DECISÃO DO CHEFE DE
GUARNIÇÃO**

Artigo científico apresentado à disciplina de Metodologia Científica como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Orientador: Ten-Cel. QOBM/Comb. **RODRIGO ALMEIDA FREITAS**
Coorientador(a): 1º Ten. QOBM/Comb. CAMILLA PILOTTO **MUNIZ COSTA**

BRASÍLIA
2023

Cadete BM/2 **VINÍCIUS AUGUSTO FONSECA GARCIA**

**EVIDÊNCIAS ESTRUTURAIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO QUE
VISAM SUBSIDIAR A TOMADA DE DECISÃO DO CHEFE DE
GUARNIÇÃO**

Artigo científico apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Aprovado em: 17 / 11 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

THIARA ELISA DA SILVA – Cap. QOBM/Comb.
Presidente

ROBSON FRANCISCO DOS SANTOS – 2º Ten. QOBM/Comb.
Membro

RAFAEL COSTA GUIMARÃES – Cap. QOBM/Comb.
Membro

RODRIGO ALMEIDA FREITAS – Ten-Cel. QOBM/Comb.
Orientador

CAMILLA PILOTTO MUNIZ COSTA – 1º Ten. QOBM/Comb.
Coorientador(a)

RESUMO

Os incêndios causam efeitos estruturais que podem afetar a atuação das guarnições. O objetivo geral é analisar o conhecimento que é necessário para que o chefe de guarnição possa avaliar as estruturas de uma forma simples. Dessa maneira, é importante sistematizar as principais respostas estruturais que podem ocorrer em um sinistro para que o chefe de guarnição possa fazer uma análise rápida e tomar uma decisão mais segura, visando a segurança de sua guarnição. As principais estruturas encontradas no Brasil são concreto armado, aço e madeira. Todas as estruturas possuem respostas a sinistros, porém nem todas são perceptíveis a olho nu e em um curto intervalo de tempo, que é o que ocorre quando uma guarnição chega em um local sinistrado. A presente pesquisa usa como metodologia a pesquisa bibliográfica para chegar em seus resultados e apresenta a limitação de ser uma revisão bibliográfica, tendo por conclusão um compilado de conclusões de outros autores. Por consequência, os resultados apresentados visam destacar os sinais que podem ser perceptíveis pela guarnição. Como conclusão se tem uma divisão criada pelo autor para que a guarnição evacue imediatamente, mantenha muita atenção e que haja uma segurança momentânea, produzindo uma cartilha como produto. Além disso, existem sinais que não são identificados, por precisarem de medições, ferramentas ou mesmo maior tempo de análise, os quais não são possíveis de serem realizados na ocorrência.

Palavras-chave: Avaliação, incêndio, respostas estruturais

**STRUCTURAL SIGNS IN A FIRE SITUATION THAT ARE INTENDED TO
SUPPORT THE DECISION MAKING OF THE GARRISON CHIEF**

ABSTRACT

Fires cause material effects and affect the lives involved in the accident. Therefore, the firefighters who work in accidents and the structures that are affected are a group to be analyzed. The general objective is to analyze the knowledge that is necessary so that the garrison leader can evaluate the structures in a simple way. Therefore, it is important to systematize the main structural responses that may occur in an accident so that the crew chief can carry out a quick analysis and make a better decision, aiming for the safety of his crew. The main structures found in Brazil are reinforced concrete, steel and wood. All structures respond to accidents, but not all of them are visible to the naked eye and within a short period of time, which is what happens when a team arrives at a disaster location. This research uses bibliographical research as a methodology to arrive at its results and has the limitation of being a bibliographical review, having as its conclusion a compilation of conclusions from other authors. Consequently, the results presented aim to highlight the signs that may be noticeable by the garrison. Consequently, the results presented aim to highlight the signs that may be noticeable by the garrison. In conclusion, there is a division created by the author so that the garrison can evacuate immediately, maintain close attention and there is momentary safety. Furthermore, there are signs that are not identified, as they require measurements, tools, or even more time for analysis, which the occurrence does not allow.

Key-words: *Assessment, Fire, Structural Responses*

1. INTRODUÇÃO

Os incêndios fazem parte da história como um grande marco, tem-se o incêndio da biblioteca de Alexandria, que ocorreu cerca de 272 no tempo do Imperador Aureliano, situado historicamente próximo de III A.C., e que hoje é uma biblioteca que já não existe mais (Santos, 2014).

Ademais, os incêndios mais notórios da era moderna foram o de Londres em 1666, de Chicago em 1871 e outros quatro incêndios, situados nos Estados Unidos, considerados um marco divisor na segurança contra incêndio: Teatro Iroquis, em Chicago (1903); Opera Rhoads, em Boyertown (1908); Lake View Elementary School, em Cleveland (1908) e Triangle Shirtwaist Company, em Nova York (1911) (Silva, 2012).

Por conseguinte, no Brasil de acordo com a ABNT NBR 15200 (2012) é estabelecido que o atendimento aos requisitos de resistência ao fogo no dimensionamento estrutural vem da norma ABNT NBR 14432 (2001) e que os critérios utilizados na ABNT NBR 15200 (2012) se aplicam às estruturas de concreto projetadas de acordo com a ABNT NBR 6118 (2014).

Sendo assim, a estrutura deve ser dimensionada para que tanto o estado limite de serviço (ELS) quanto o estado de limite último (ELU) não sejam atingidos. O estado limite de serviço corresponde de forma geral à sua utilização. Já o estado limite último corresponde ao colapso ou ruína da estrutura (ABNT NBR 14432/2001).

Como um exemplo de ruína se tem o Edifício Wilton Paes de Almeida que ocorreu no centro da cidade de São Paulo no ano de 2018. Nesse incêndio de acordo com o secretário de segurança pública da época ocorreu um curto-circuito e o engenheiro Paulo Helene, professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo disse que a estrutura de concreto serviu como material inflamável para o incêndio. (G1, 2023).

Como Moraes e Nunes (2021) afirmam, existem riscos envolvidos na atividade de combate a incêndio e um dos mais temidos é justamente o risco do colapso

estrutural. Então, é de extrema importância estudos que consigam identificar os sinais estruturais de pré-ruptura, visando aumentar a segurança da guarnição que atua nesse tipo de sinistro. É relevante mencionar que o desmoronamento da estrutura pode ser consequência de uma estrutura que já está degradada e o incêndio piora a situação.

Portanto, o questionamento que se faz é quais conhecimentos o chefe de guarnição deve ter para tomar uma decisão sobre a segurança de uma edificação que foi atingida por algum sinistro, observando os aspectos construtivos estruturais?

O estudo se justifica pelo fato de que no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal não existe uma normatização direcionando o chefe de guarnição aos aspectos que se deve observar em uma edificação atingida por um incêndio, sendo que existe um risco de colapso estrutural devido ao sinistro, deixando os militares em uma situação de risco ao entrarem na edificação. Tanto que os dois Procedimentos Operacionais Padrão, o de combate a incêndio em edificações altas (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2015a) e o de combate em residências unifamiliares (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2015b) não citam nada sobre o assunto.

Por isso é necessário subsidiar o chefe de guarnição na tomada de decisão observando os sinais estruturais e visando tanto a segurança dos militares quanto a da vizinhança da edificação atingida. Tal necessidade se dá pelo fato do colapso estrutural poder levar à morte de toda guarnição, além de causar danos estruturais e novos desabamentos nas edificações vizinhas com novas vítimas.

É primordial, por exemplo, que seja realizado um isolamento da área quando observado que uma edificação sinistrada está prestes a entrar em ruína ou encontra-se em situação crítica. Assim sendo, a contribuição para a Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal é a criação de uma cartilha que vise direcionar o chefe de guarnição na tomada de uma decisão mais segura e com embasamento científico e normativo.

O presente estudo tem como **objetivo geral analisar o conhecimento que é necessário para que o chefe de guarnição possa avaliar as estruturas de uma forma simples** e tem como objetivos específicos:

- a) Sistematizar conhecimentos sobre estruturas.
- b) Estudar a bibliografia sobre colapso de estruturas.
- c) Indicar as principais estruturas que podem ser encontradas no Brasil.
- d) Indicar os principais pontos críticos das estruturas.

Sendo assim, são feitos os principais questionamentos para o desenvolvimento da pesquisa:

- É possível a sistematização de conhecimento básico sobre estruturas?
- Quais os tipos mais comuns de estruturas?
- Quais os pontos críticos das estruturas mais comuns?

Para se atingir os objetivos propostos no trabalho, ele é desenvolvido utilizando como metodologia a pesquisa bibliográfica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os principais pontos abordados na revisão são a definição de vistoria e os principais fatores que a envolvem, pois o chefe de guarnição deve fazer uma análise rápida que pode ser confundida com vistoria ou com perícia, que são duas ações diferentes. Além disso, o trabalho traz as principais estruturas que compõe as construções encontradas nas cidades brasileiras e no Distrito Federal, assim como as respostas que essas estruturas sofrem quando atingidas por incêndio.

A preocupação com incêndio é relativamente nova. No Estados Unidos, no Estado de Massachusetts, em 1896, houve a criação da *The National Fire Protection Association* (NFPA), tendo por objetivo ser uma organização global sem fins lucrativos dedicada a eliminar a morte, ferimentos, perdas de propriedades e perda econômica devido ao incêndio, eletricidade e outros riscos. Os quatro incêndios citados anteriormente são considerados um marco divisor justamente por terem sido essenciais para o lançamento da 5ª Edição do Manual de proteção contra incêndios, que gerou recomendações para edificações abordando construções de escadas e exigências de saídas de emergências, consideradas essenciais ainda hoje em dia. É importante frisar que a NFPA é uma organização que existe atualmente e que possui cerca de 75.000 membros, em mais de cem países e incorporando a *Society of Fire Protection Engenieers* (SFPE) (Silva, 2012).

Até antes de 1960, no Brasil, ainda não havia ocorrido grandes incêndios, motivo pelo qual era um assunto considerado secundário. Entretanto, entre os anos de 1962 e 1974 ocorreram algumas ocorrências de grandes proporções que mostraram que o país precisava de melhores regulamentações para a área de incêndio. Tais sinistros foram: Gran Circo Norte-Americano, em Niterói (1961); Edifícios Andraus, em São Paulo (1972) e Edifício Joelma, também em São Paulo (1974). A partir desses incêndios ficou evidente que era necessário se ter melhorias em relação as medidas de segurança que antes eram tomadas pelas prefeituras e passaram a ser temas Estaduais e Nacionais, como o Simpósio de Sistemas de Prevenção contra Incêndios em Edificações Urbanas, promovido pela Câmara dos Deputados, em Brasília (1974) (Silva, 2012).

2.1. Vistoria

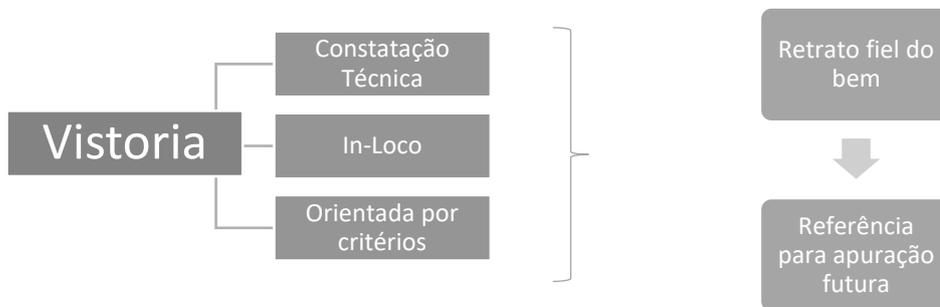
Para Burin *et al* (2009) vistoria se trata da constatação de um fato em um imóvel, por meio de um exame e descrição detalhada de todos os elementos que constituem o imóvel avaliado e que tem como objetivo a avaliação sobre o imóvel.

Dessa forma, Burin *et al* (2009) também apresentam quatro pontos que são considerados os mais relevantes para a realização da vistoria:

- 1) A vistoria visa a constatação técnica de um fato.
- 2) A constatação técnica se dá in-loco.
- 3) A constatação técnica deve ser criteriosa.
- 4) Objetiva elementos ou condições que caracterizam ou influenciam um bem.

A seguir é apresentado um fluxograma, na Figura 1, para melhor compreensão de como relacionar a vistoria com os quatro pontos citados acima.

Figura 1- Pilares da vistoria.



Fonte: Adaptado pelo autor de Burin *et al* (2009).

2.1.1. Requisitos gerais da vistoria

O trabalho de Burin *et al* (2009) elenca também alguns requisitos gerais para as vistorias realizadas por profissionais em caso de incêndio. Esses requisitos não forma um rol taxativo e que não são requisitos obrigatórios, podendo ser ampliado ou reduzido a depender da situação. A seguir são citados e exemplificados esses requisitos.

Requisito de compatibilidade com o nível de complexidade: a complexidade da vistoria depende do tamanho da obra e do grau de detalhamento que se deseja. Tendo esses fatores definidos então é possível definir o tamanho da equipe que realizará a vistoria e as técnicas, os ensaios e as medições que serão realizados.

Requisito de realização da vistoria no momento oportuno: a vistoria visa retratar algum fato e deve ser realizada quando o fato ocorrer ou estiver ocorrendo. Como exemplo, não é possível uma vistoria de incêndio em um prédio que foi demolido, pois a vistoria deveria ter sido realizada antes da demolição.

Requisito da visão: é tida com o olhar do especialista que sabe onde procurar e o que procurar, tendo o conhecimento para diferenciar o que é válido registrar e o que não é. Frequentemente o profissional tem o check-list ou script, mas ele consegue sair do script e buscar algo a mais que seja relevante.

Requisito de ser confiável: esse requisito se traduz na confiabilidade do trabalho a ser realizado, tendo alguns critérios que devem ser levados em consideração, como credibilidade, qualidade, profissionalismo e retratos reais e imparciais.

Cabe lembrar que o chefe de guarnição não realizará uma vistoria, e sim uma análise, pelo fato de envolver a segurança de toda a guarnição e da vizinhança. Entretanto, a análise realizada necessita de alguns aspectos abordados pelas vistorias, pois se trata de uma constatação técnica de um fato, que se dá *in-loco*, além de requisitos como compatibilidade com o nível de complexidade da edificação, realização da visita no momento oportuno, visão e confiabilidade.

2.2. Fases do incêndio

O incêndio possui diferentes fases e para que seja melhor compreendido é dividido em quatro etapas que são: Fase inicial; fase crescente; fase totalmente desenvolvida e fase final (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2012).

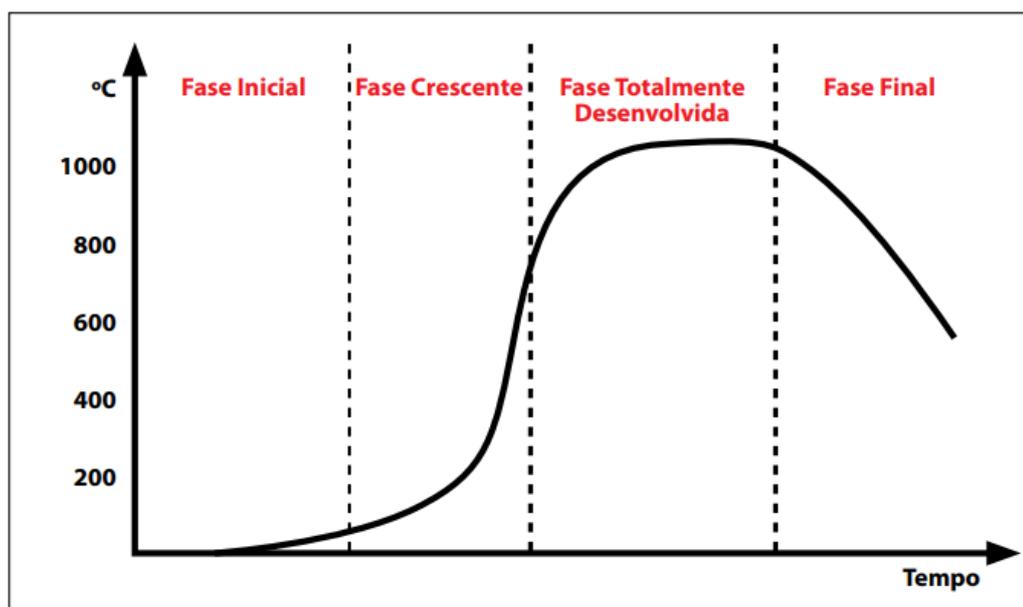
A fase inicial tem as características das chamas estarem restritas ao foco inicial do incêndio com abundância de oxigênio e a temperatura ainda está ambiente. Essa fase dura um curto espaço de tempo (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2012).

Na fase crescente as chamas já atingem materiais próximos, o oxigênio ainda é abundante, a temperatura tem um aumento exponencial e há ascensão da massa gasosa (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2012).

Para a fase totalmente desenvolvida já ocorre a generalização do incêndio, com o oxigênio sendo limitado, havendo grande diferença de temperatura entre o teto e o piso, com irradiação do teto em direção ao piso (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2012).

Já na fase final existe a diminuição ou extinção das chamas, sem a disponibilidade de combustível, com baixa disponibilidade de oxigênio e a temperatura ainda é elevada. Havendo ainda a presença de fumaça e incandescência com o risco de ignição da fumaça (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2012). A figura 2 mostra a relação entre a temperatura e o tempo em um incêndio, mostrando como se relaciona cada fase citada anteriormente.

Figura 2 – Gráfico da temperatura x tempo das fases do incêndio



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2012).

2.3. Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF)

A ABNT NBR 14432 (2001) define o termo TRRF como sendo o tempo mínimo de resistência ao fogo de um elemento construtivo quando ele é submetido a um incêndio padrão. Já o incêndio padrão é uma variável dada por uma equação segundo a mesma norma que varia a temperatura do incêndio em relação ao tempo decorrido do sinistro. Dessa forma, a ABNT NBR 14432 (2001) apresenta uma tabela que relaciona um tempo mínimo de resistência do fogo relacionado a diferentes edificações e cargas de incêndio. O que pode ser um parâmetro muito bom para incêndios que não sejam em residências unifamiliares, pois esse tipo de residência não passa pela vistoria do Corpo de Bombeiros, já as outras edificações mencionadas na norma passam por essa vistoria. O Quadro 1 é apresentado a seguir.

Quadro 1 – Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minutos

Grupo	Ocupação/uso	Divisão	Profundidade do subsolo		Altura da edificação				
			Classe S ₂ h _g > 10 m	Classe S ₁ h _g ≤ 10 m	Classe P ₁ h ≤ 6 m	Classe P ₂ 6 m < h ≤ 12 m	Classe P ₃ 12 m < h ≤ 23 m	Classe P ₄ 23 m < h ≤ 30 m	Classe P ₅ h > 30 m
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
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60 (30)	30	30	60	90	120
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6 e F-8	90	60	60 (30)	60	60	90	120
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
		G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 a H-5	90	60	30	60	60	90	120
I	Industrial	I-1	90	60 (30)	30	30	60	90	120
		I-2	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120
J	Depósitos	J-1	90	60 (30)	30	30	30	30	60
		J-2	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120

Fonte: ABNT (2001).

Analisando o principal Quadro 1 se percebe que o tempo que a estrutura pode aguentar varia entre 30 minutos e 120 minutos, o que é uma diferença grande. Além disso, a norma utiliza os parâmetros de ocupação da edificação, uma divisão criada pela norma em grupos (A-1, A-2...), a profundidade do solo e a altura da edificação. Alguns dos parâmetros são inviáveis de se observar na hora da ocorrência como a

profundidade do solo e a divisão dos grupos da norma que vão da letra A à J com alguns subgrupos.

Dessa forma, a norma traz parâmetros importantes que associados trazem o tempo requerido de resistência ao fogo como resposta, que pode ser um parâmetro bom para os bombeiros terem uma ideia do tempo que uma edificação pode suportar um sinistro, mas é inviável de ser aplicada no socorro. Por isso esse conceito é apresentado no trabalho, para se ter uma ideia do tempo que uma edificação pode suportar ao sinistro, mas ao mesmo tempo afirmar que sua utilização no socorro é inviável, caso contrário todo o trabalho poderia ser baseado nessa norma.

2.4. Tipos de Estruturas

No Brasil, os principais tipos de estruturas que se tem são as realizadas em concreto armado (Cruz; Santos; Mendes, 2018). No entanto, existem outras estruturas utilizadas como as metálicas, as de madeira e a autoportante. No mercado existem também a *steelframe* e a *woodframe*, entretanto elas não serão abordadas, pois são estruturas que ainda não são tão difundidas no mercado brasileiro.

2.4.1. Concreto armado

A ABNT NBR 6118 (2014) define elemento estrutural de concreto armado como sendo o elemento que depende da aderência do concreto com a armadura, que no caso é o vergalhão imerso no concreto, sem que haja alongamentos iniciais antes da aderência de um material no outro.

Dessa definição pode-se concluir que o concreto armado é a união do concreto com a armadura. Nas estruturas ditas convencionais, os principais elementos estruturais são construídos em concreto armado e o restante da construção é feita com alvenaria de vedação, conhecida popularmente como tijolo cerâmico, que tem como nome adequado bloco cerâmico de vedação como define a ABNT NBR 15270 – 3 (2005).

Os principais elementos estruturais são os pilares, as vigas e as lajes. Cada um desses elementos trabalha de uma maneira diferente para responder aos esforços estruturais da edificação. O pilar é um elemento linear, disposto geralmente na

vertical, sentido em que as principais forças atuantes são forças normais de compressão (ABNT NBR 6118, 2014). Já as vigas são elementos lineares, geralmente dispostos na horizontal, em que a flexão é a ação preponderante. Na viga atuam forças normais de tração e compressão, assim como forças cisalhantes e momentos fletores. Por último, tem-se as lajes que são elementos estruturais tidos como placas, que por definição sustentam ações normais ao plano da placa (ABNT NBR 6118, 2014). A Figura 3 mostra uma estrutura em concreto armado sendo feita.

Figura 3 – Estrutura em concreto armado.



Fonte: AECWEB (2023).

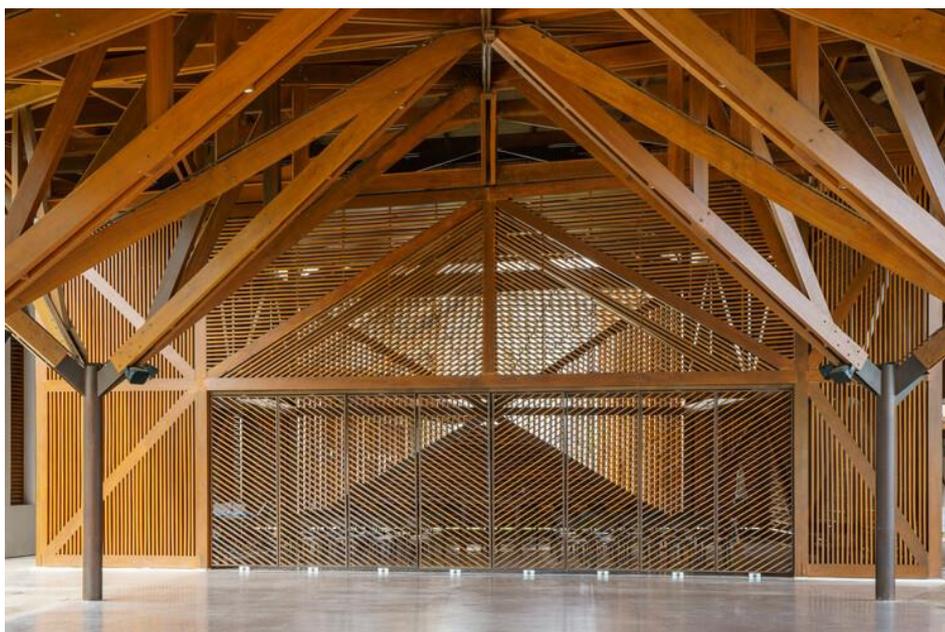
2.4.2. Estruturas em madeira

As estruturas em madeira são projetadas de acordo com a ABNT NBR 7190 (1997). Para as estruturas em madeira também valem as definições dos elementos estruturais citados no item 2.3.1. Além disso, as construções em madeira podem ser mistas, o que significa que pode haver estruturas que combinem madeira com aço, madeira com concreto ou até mesmo madeira, aço e concreto.

Por último vale destacar uma estrutura em madeira chamada de Wood Frame, que nada mais é do que uma estrutura formada totalmente em madeira e que a vedação não é realizada com alvenaria de blocos cerâmicos, mas com paredes de Drywall, ou gesso acartonado.

Em estruturas mais modernas a cobertura das casas pode ser realizada em concreto. Porém, em construções em madeira, geralmente são realizados os elementos conhecidos como tesouras que de acordo com a ABNT NBR 15575-5 (2013), é o elemento estrutural principal de sustentação da trama, estrutura secundária, constituída por terças, caibros e ripas. A Figura 4 mostra uma estrutura de madeira de um telhado, com tesoura.

Figura 4 – Estrutura em madeira.



Fonte: ARCHDAILY (2023).

2.4.3. Estruturas metálicas

Os projetos de estruturas metálicas são positivados no Brasil pela norma ABNT NBR 8800 (2008). Essa norma traz vários requisitos para que o aço seja aceito, dentre eles o de perfis metálicos, barras e chapas que é recomendado ter a qualificação estrutural garantida pela Norma Brasileira ou por normas estrangeiras. Tendo como um dos parâmetros de resistência uma tensão de escoamento máxima de 450 MPa e que a relação entre resistência de ruptura e a resistência de escoamento não seja inferior a 1,18. A resistência de ruptura é o valor com que o material se rompe e a resistência de escoamento é a tensão que causa a dilatação ou que “estica” a peça.

Vale destacar que essa norma tem muitas referências das normas norte americanas e europeias. A seguir na Figura 5 é mostrada uma estrutura metálica, contendo pilares, lajes e vigas metálicas.

Figura 5 – Estrutura metálica.



Fonte: METALPAR (2023).

2.4.4. Alvenaria estrutural

As construções de alvenaria estrutural fazem com que a vedação seja parte que integre a estrutura, ou seja, em vez de blocos cerâmicos convencionais, utilizam-se blocos que apresentam uma maior resistência para suportar as cargas estruturais.

Dessa maneira, muitas vezes os blocos são utilizados como vigas e pilares, pois os blocos vão conduzir e suportar os esforços estruturais. No Brasil a norma mais recente que trata dos projetos estruturais, requisitos e métodos de ensaio é a ABNT NBR 16868-4 (2021) que possui cinco partes. No entanto, a parte que trata dos requisitos de incêndio ainda não foi publicada por se tratar de uma norma nova.

A alvenaria estrutural pode ser composta por dois tipos: o bloco cerâmico, feito de argila e o bloco de concreto, um exemplo de alvenaria estrutural são os blocos de concreto estruturais que se diferenciam dos blocos cerâmicos de vedação pelo fato de sofrerem ações de cargas da estrutura, são blocos que participam da estrutura.

Quando se trata de incêndio a alvenaria é considerada como um material incombustível de acordo com Beall (1997). A Figura 6 mostra a alvenaria estrutural feita com blocos de concreto.

Figura 6 – Alvenaria estrutural com blocos de concreto.



Fonte: AXIALENGENHARIA (2023).

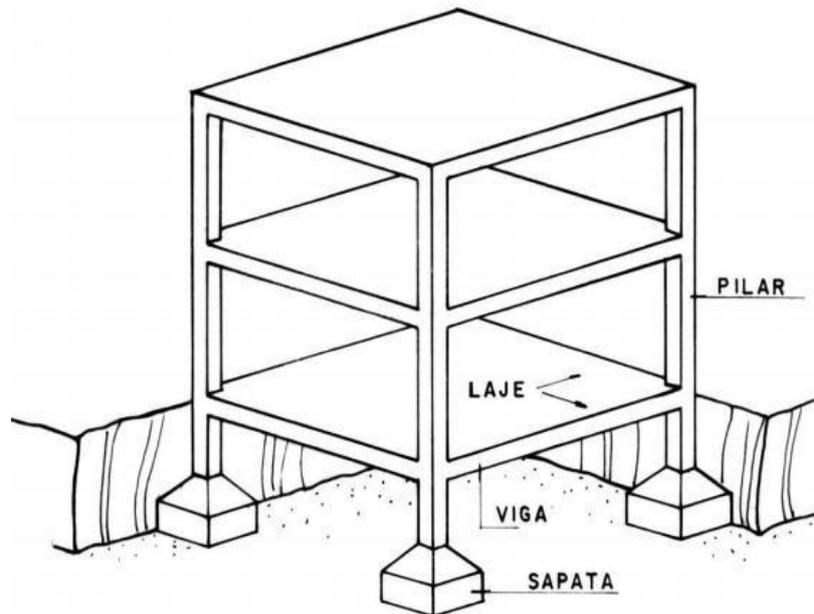
Os tijolos, ou blocos, com menos de 25% de áreas vazadas são considerados “sólidos”, já os que possuem área vazada maior que 25% são considerados “vazados”. Essa informação é importante porque a área do bloco influencia diretamente na resistência ao fogo (Rigão, 2012).

2.5. Elementos estruturais

2.5.1. Laje

A laje é um elemento estrutural em forma de placa, isso quer dizer que ela é bem maior em duas dimensões, ou seja, no comprimento e na largura as dimensões são bem maiores do que em relação a espessura. Na laje a carga aplicada deve ser perpendicular a placa (ABNT NBR 6118, 2014). Na Figura 7, além da laje são mostrados os principais elementos estruturais, como a sapata que é um tipo de fundação.

Figura 7 – Elementos estruturais (Laje, viga, pilar e fundação).



Fonte: SILVA (2014).

2.5.2. Viga

A viga já é um elemento estrutural em que o comprimento é bem maior do que altura e a espessura, sendo considerado um elemento linear em que a flexão é que predomina como ação no elemento estrutural (ABNT NBR 6118, 2014).

2.5.3. Pilar parede

Os pilares-parede são elementos de superfície em que em alguma dessas superfícies a menor dimensão de sua seção transversal deve ser menor do que 1/5 da maior (ABNT NBR 6118, 2014), simplificando é uma parede que é armada e concretada, sendo dimensionada para suportar cargas. Como exemplo de pilar parede se tem a caixa do elevador e caixa de escada. Na Figura 8 é apresentada uma foto do pilar parede de um poço do elevador.

Figura 8 – Pilar parede de um poço de elevador.



Fonte: HABITISSIMO (2023).

2.5.4. Pilar

O pilar é um elemento estrutural em que o comprimento é bem maior do que a altura e a espessura, assim como a viga, porém a diferença é que as cargas trabalham de forma axial no pilar, gerando compressão que transporta os esforços recebidos até a fundação (UFSC, 2023).

2.5.5. Fundação

Pode se definir a fundação como sendo a peça que faz parte da estrutura da construção e que transmite os esforços e cargas da estrutura para o solo. Sendo assim, a parte de apoio da estrutura no solo (Ipog, 2023).

2.6. Principais respostas estruturais ao fogo

Nesse tópico são apresentadas as principais respostas estruturais de cada estrutura quando expostas ao incêndio, pois de uma forma geral existe a perda de resistência de todas as estruturas, porém cada uma tem suas peculiaridades. De uma maneira geral as principais respostas estruturais que ocorrem são a flecha, deslocamentos, rachaduras, exposição de armadura, perda do cobrimento, calcinação, concreto desagregado, perda da aderência entre o aço e o concreto e diminuição da resistência dos materiais (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2012). Essas respostas não são aplicadas a todos tipos de estruturas, como exemplo não tem como se ter a exposição de armadura em uma estrutura de madeira ou a calcinação de uma estrutura de aço. Por isso, é dividido em cada tipo de estrutura as principais patologias citadas anteriormente.

2.6.1. Concreto Armado

O fogo ao queimar o concreto faz com que ele perca água, iniciando um processo de desidratação e conseqüente fissuração, o que faz com que diminua a resistência do concreto. Vale destacar que o concreto muda sua coloração de acordo com a temperatura do incêndio e pelo fato do concreto ser composto por agregados diferentes, cada agregado irá apresentar um coeficiente de dilatação auxiliando no aumento da fissuração. A Tabela 1 relaciona a temperatura com a cor do concreto e a resistência residual (Cánovas, 1988).

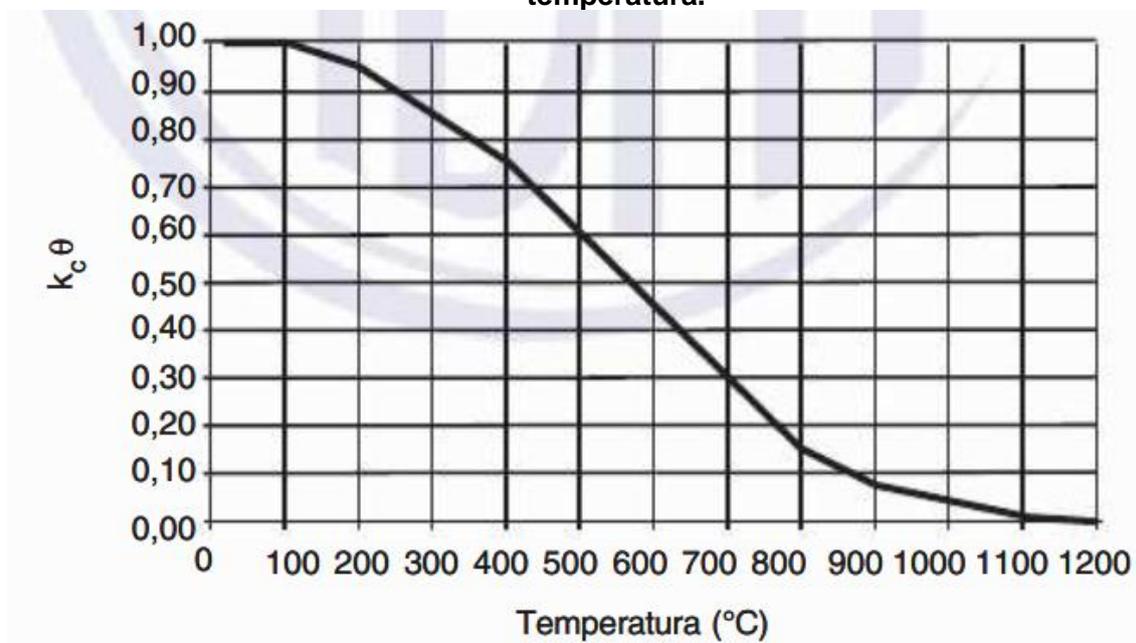
Tabela 1 - Relação entre temperatura, cor do concreto e resistência.

Temperatura °C	Cor do concreto	Resistência residual em %
20	Cinza	100
200	Cinza	95
300	Rosa	95
400	Rosa	88
500	Rosa	75
600	Vermelho	55
900	Cinza avermelhado	10
1000	Amarelo alaranjado	0

Fonte: Adaptado pelo autor de Cánovas, (1988).

A NBR 15200/2012 traz um gráfico interessante sobre como varia a resistência do concreto de acordo com aumento da temperatura, o qual é mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Fator da redução da resistência do concreto silicoso em função da temperatura.



Fonte: ABNT NBR 15200/2012 (Adaptado pelo autor).

O fator $k_c\theta$ é um fator de redução que varia entre 0 e 1, representando uma porcentagem. O Quadro 2 apresenta alguns dos valores da Figura 9.

Quadro 2 - Fator da redução da resistência do concreto silicoso em função da temperatura.

Temperatura do concreto °C	$k_c\theta$
1	2
20	1,00
100	1,00
200	0,95
300	0,85
400	0,75
500	0,60
600	0,45
700	0,30
800	0,15
900	0,08
1000	0,04
1100	0,01

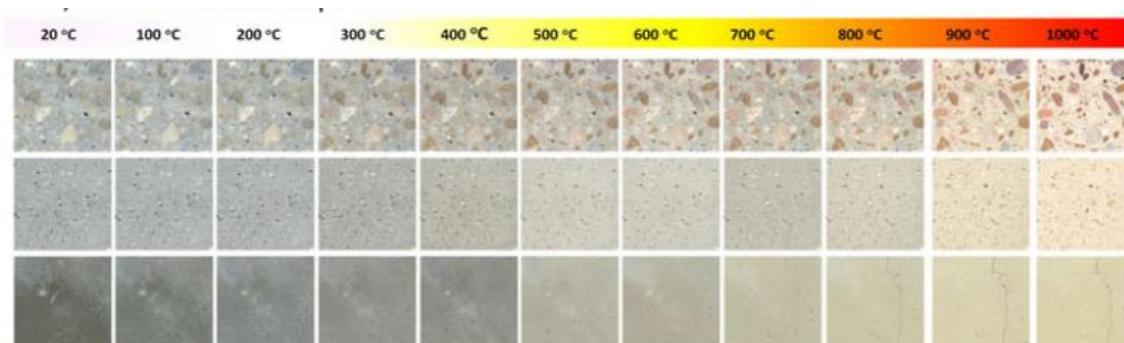
Continuação do Quadro 2

1200	0,00
------	------

Fonte: ABNT NBR 15200/2012 (Adaptado pelo autor).

De acordo com Mata *et al* (2020) a temperatura no incêndio pode variar entre 400°C e 600°C, o que de acordo com o Quadro 2 evidencia uma redução de resistência do concreto de 0,75 a 0,45. A Figura 10 mostra a variação da coloração do concreto de acordo com cada temperatura.

Figura 10 – Alteração da cor do concreto de acordo com sua temperatura.



Fonte: Hager (2013).

Vale destacar que cada elemento estrutural como pilar, viga e laje trabalha de uma maneira diferente. Os pilares por trabalharem a compressão quando perdem sua resistência devido a ação do fogo, sofrem uma perda significativa da resistência do aço que compõe sua armadura, fazendo com que o concreto do pilar fique sobrecarregado e possa romper devido à sobrecarga (Cánovas, 1988).

Como exemplo se tem a Figura 11 em que o pilar foi sobrecarregado e ocorreu sua ruptura, não é uma situação de incêndio, mas serve muito bem para se ilustrar.

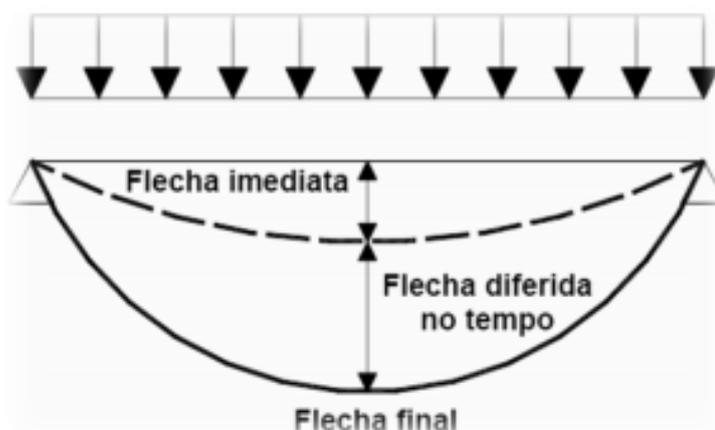
Figura 11 – Esmagamento de pilar.



Fonte: DCDF (2022).

Já as vigas sofrem retração e flexão o que provoca fissuras na estrutura a perda de resistência. Vale destacar que quanto maior a viga, maiores são os efeitos e maior o risco de colapso (Cánovas, 1988).

A flecha nas vigas feitas de concreto armado nada mais é do que o deslocamento horizontal da viga. Essa flecha é dividida de acordo com a ABNT NBR 6118 (2014) em flecha imediata e flecha diferida no tempo. A questão é que com a exposição ao fogo a flecha é um fenômeno que pode ocorrer na peça estrutural. A Figura 12 mostra uma ilustração do que é uma flecha imediata e uma flecha diferida no tempo. A figura representa uma viga e existe uma carga que está distribuída sobre ela.

Figura 12 – Flechas.

Fonte: MAISENGENHARIA (2023).

Por último, tem-se as lajes, que por serem as estruturas mais finas são as que mais sofrem efeito do incêndio. Por isso, é comum ocorrer o deslocamento do cobrimento da armadura e grande perda da resistência do aço, fazendo com que as lajes tenham a capacidade de resistência, nos seus vãos, bastante reduzida (Cánovas, 1988). A Figura 13 mostra a rachadura de uma laje que não está em situação de incêndio.

Figura 13 – Rachadura transpassante na laje.

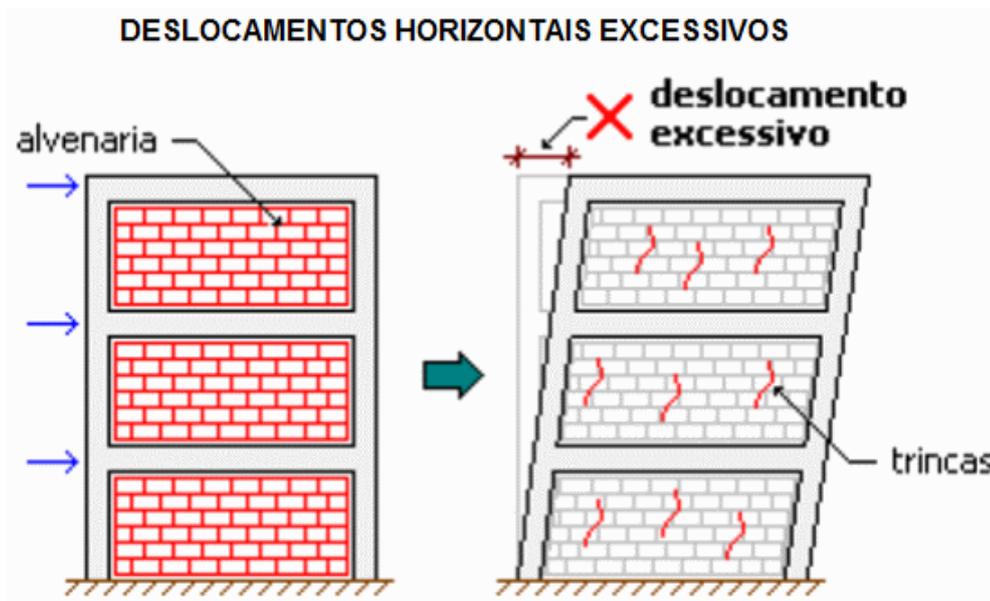
Fonte: DCDF (2022).

O deslocamento da estrutura de acordo com a ABNT NBR 6118 (2014) é dado como limite quando os valores atingem o estado-limite de deformação excessiva da estrutura, que são divididos em quatro grupos básicos que são:

- a) Acessibilidade sensorial: Ocorre por vibrações indesejáveis ou efeito visual desagradável.
- b) Efeitos específicos: Os deslocamentos podem impedir a utilização de maneira adequada da construção.
- c) Efeitos em elementos não estruturais: Elementos que sofrem danos mesmo não sendo estruturais e podem estar ligados a estrutura.
- d) Efeitos em elementos estruturais: Os deslocamentos podem ter relevância em relação aos dimensionamentos realizados fazendo com que a peça estrutural se comporte de maneira diversa da maneira que foi dimensionada, podendo causar prejuízos a estrutura.

Nos efeitos específicos a norma ABNT NBR 6118 (2014) divide os efeitos em superfícies que devem drenar água; pavimentos que devem permanecer planos e elementos que suportam equipamentos sensíveis, ou seja, nenhum dos efeitos trata diretamente sobre efeito do deslocamento por ação do fogo. A seguir na Figura 14 se ilustra um deslocamento lateral da edificação.

Figura 14 – Deslocamento horizontal da estrutura.



Fonte: MAISENGENHARIA (2023).

Para todos os casos acima, a norma ABNT NBR 6118 (2014) estabelece um deslocamento limite. Entretanto, para situação de socorro não é viável a utilização das medições citadas ou cálculos devido ao caráter de urgência.

A fissuração do concreto é inevitável, porém existem limites aceitáveis em que a fissuração não irá prejudicar a estrutura. Na ABNT NBR 6118 (2014) se divide a fissuração em dois tipos. A primeira é em relação à proteção das armaduras quanto à durabilidade e a segunda é em relação à aceitação sensorial e à utilização.

Quando se fala em sinistro dentre as opções dadas da norma se relaciona mais com a utilização da estrutura, pois ela precisa estar em condições para ser avaliada e/ou evacuada, mas a norma não traz valores de referência em relação a utilização da estrutura para fissuração e apresenta valores em relação a durabilidade. Como exemplo abaixo é mostrado a Figura 15 que mostra rachaduras e fissuras.

Figura 15 – Rachaduras e fissuras.



Fonte: DCDF (2022).

É importante destacar que existe uma diferença conceitual entre rachadura e fissura, sendo que a fissuração é um processo natural do concreto, mas que pode ser prejudicial dependendo da forma que se apresenta. Geralmente as fissuras são menores e mais finas e à medida que se desenvolvem se tornam rachaduras.

Segundo a ABNT NBR 15575-1 (2013) são consideradas fissuras as aberturas que são inferiores a 0,6mm que se apresentam no elemento estrutural e são consideradas trincas as aberturas superiores a 0,6mm. Assim as rachaduras são trincas com aberturas bem maiores onde fica nítida a ruptura dos elementos estruturais. Ou seja, existem três tipos diferentes de acordo com a ABNT NBR 15575-1 (2013), como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 – Diferença entre fissura, trinca e rachadura.

Fissura, trinca e rachadura	
Fissuras	<0,6mm
Trincas	>0,6mm
Rachadura	Ruptura do elemento estrutural é nítida visualmente

Fonte: ABNT (2013).

Já o Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal apresenta uma classificação de rachadura. A classificação trazida se dá quanto ao sentido, à profundidade e ao movimento, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4 – Tipos de rachadura.

Quanto ao sentido	Quanto à profundidade	Quanto ao movimento
Vertical	Superficial	Vivas ou ativas
Horizontal	Profunda	Mortas ou inativas
Diagonal	Transpassante	-
Aleatória ou mapeada	-	-

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2012).

Quanto ao sentido das rachaduras geralmente ocorrem pelos seguintes fatores:

- a) Próprio peso da estrutura;
- b) Alterações climáticas;
- c) Retração dos produtos à base de cimento;
- d) Deformações excessivas.

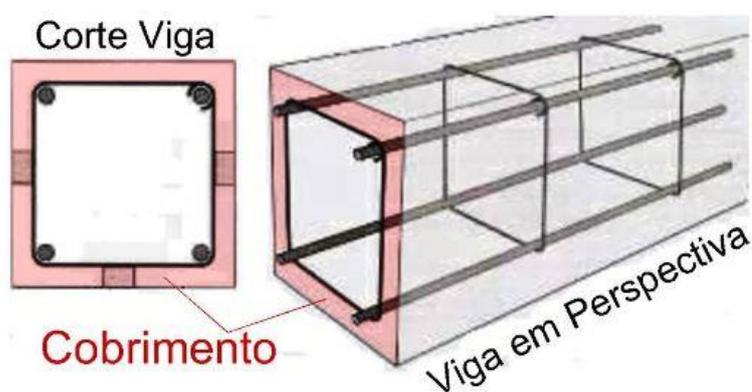
Dentre elas geralmente a mais perigosa é a rachadura que ocorre na diagonal a 45°, por poder ser associada a problemas de recalque da fundação ou grande instabilidade estrutural (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2012).

Em relação à profundidade, os casos que são necessários se prestarem atenção são quando as rachaduras são profundas ou transpassantes. As rachaduras profundas ocorrem quando a abertura atinge a ferragem e a transpassante quando a abertura atravessa toda a peça estrutural (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2012).

Já quando se fala de movimentação das rachaduras, as vivas são aquelas que se movimentam por ciclos de contração, ou dilatação, ou por crescimento de sua extensão e as mortas não se movimentam. Para a identificação desse tipo de rachadura é necessário um acompanhamento periódico (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2012).

De acordo com a ABNT NBR 15200 (2012) tanto o concreto, como o aço sofrem uma grande perda de resistência quando submetidos ao incêndio, tendo como resultado disso uma possível exposição de armadura devido a perda do cobrimento no concreto armado, seja por deslocamento do concreto, ou abertura de uma fissura. O cobrimento de acordo com a ABNT NBR 6118 (2014) é a menor distância entre a armadura, que é a barra de ferro que vai dentro da estrutura do concreto e a face externa da peça estrutural. As Figuras 16 e 17 mostram o que é o cobrimento e a perda do cobrimento, respectivamente.

Figura 16 – Demonstração do que é cobrimento.



Fonte: AMIGOCONSTRUTOR (2023).

Figura 17 – Perda do cobrimento.



Fonte: VENÂNCIO, C.; GULAK, D.; MACHADO FILHO, C. D.; NOTARI, D. G.; OLIVEIRA, M. A.; PEGORARO, D. M. P., (2020).

Existe um processo que ocorre no concreto que se chama calcinação que conforme Feltre (2005) ocorre quando o calcário (CaCO_3) é decomposto em óxido de cálcio (CaO) e dióxido de carbono (CO_2). Um outro fator importante é que essa reação é endotérmica, ou seja, precisa absorver energia para ocorrer, sendo que em uma situação de incêndio é o ideal para ocorrer, pois o fogo fornece essa energia ao concreto. A seguir a Tabela 1 mostra uma escala de cores da calcinação de acordo com a alteração da temperatura.

Tabela 1 – Tabela de cores da calcinação

Temperatura [°C]	Cor	Aspecto visual / Desempenho
<250	Cinza	Perda de resistência pequena e irregular
285-300	Cinza-Roseo	Fissuração superficial, lascamento explosivo (vapor)
300	Rosa	Início de mudança de cor
50 - 400		Redução do módulo de deformação
535-550	Roxo	Fissuração profunda – friabilidade superficial
575	Vermelho pálido	Pipocamento dos grãos de quartzo
650	Cinza esbranquiçado	Perda das propriedades mecânicas
790-800		Lascamentos do revestimento das armaduras, com exposição até 25% da superfície das mesmas
900	Amarelo alaranjado	Superfície pulverulenta
1000	Amarelo claro	

Fonte: Rosso (1975).

A Figura 18 mostra a calcinação de uma peça de concreto que foi submetida a uma temperatura entre 250°C e 300°C evidenciando uma variação de temperatura conforme a Tabela 1.

Figura 18 - Calcinação na peça de concreto.



Fonte: Grockoski (2018).

Além disso, existe a exposição da armadura que pode ter como causa a perda de cobertura, o risco que se tem nesse caso é pelo fato de a armadura de aço estar exposta, fazendo com que o sinistro a atinja o aço em um intervalo de tempo menor, pois está sem cobertura. Como exemplo é a Figura 19 mostra a exposição de armaduras.

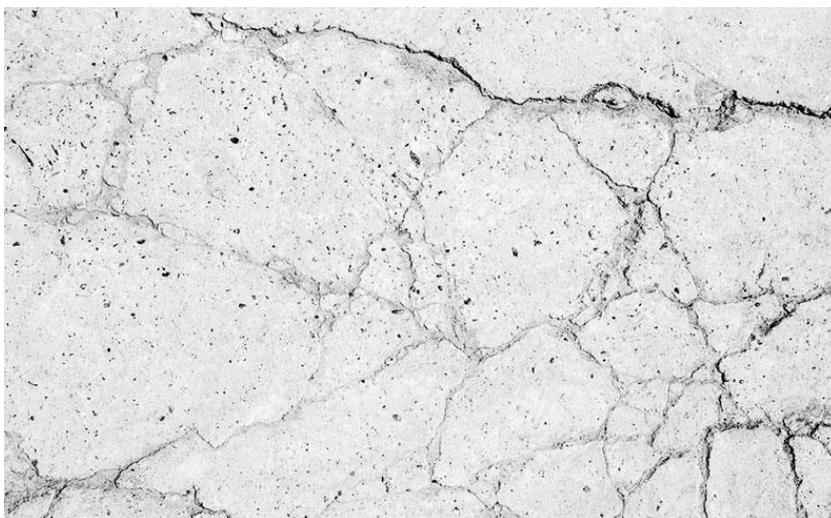
Figura 19 – Ferragens expostas.



Fonte: DCDF (2022).

O concreto desagregado também é um problema, pois é um concreto que já não se conecta mais da maneira para a qual foi projetado, isso quer dizer que sua resistência é bastante inferior ao seu projeto inicial e que em situação de sinistro é um fato agravante. Vale ressaltar que a perda da resistência é um parâmetro que visualmente é difícil de ser medido, sendo necessário análises laboratoriais e experimentos, o que no socorro se torna inviável. Na Figura 20 se mostra um concreto desagregado.

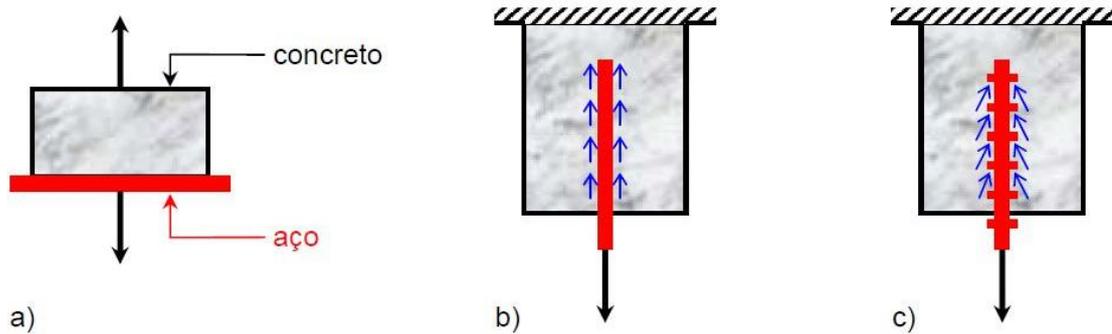
Figura 20 – Concreto desagregado.



Fonte: MAPADAOBRA (2023).

A aderência entre o aço e o concreto é um fator muito importante pelo fato de que os esforços são transferidos de um para o outro através da aderência. Caso não haja aderência o concreto trabalha separado do aço, fazendo com que a resistência de toda a peça seja comprometida e inferior ao que foi projetado. As principais patologias apresentadas podem ocorrer em conjunto, o que quer dizer que no concreto desagregado muitas vezes irá ocorrer a falta de aderência entre o aço e o concreto, assim como na exposição da armadura e na perda do cobrimento. A Figura 21 demonstra esse fenômeno da aderência entre o aço e o concreto.

Figura 21 – Aderência entre o aço e o concreto.



Fonte: SLIDEPLAYER (2023).

Um outro fator que é relevante no concreto é a diminuição da seção transversal. Infelizmente na literatura há uma deficiência em relação ao assunto, que geralmente focam muito na parte da diminuição da resistência pela alteração da propriedade dos materiais, mas peca ao falar da geometria da peça e suas alterações. Entretanto a diminuição da seção transversal sempre é um problema, pois é uma área menor da estrutura que terá que suportar o mesmo peso, aumentando assim o esforço que a estrutura irá fazer, podendo levá-la a ruptura.

2.6.2. Estruturas de Madeira

A madeira apresenta como principais características quando submetida ao fogo a alteração da cor e o desprendimento de gases. Quanto maior a temperatura do incêndio, mais gases (como o gás carbônico e monóxido de carbono) são liberados e há a conseqüente perda da resistência. Uma característica peculiar da madeira é que a parte de fora pode estar totalmente queimada, entretanto, a parte interna pode estar no período inicial de pirólise, como mostra a Figura 22 (França, 2019). É importante destacar que na figura abaixo pode se notar a diminuição da seção transversal o que faz diminuir a resistência que a madeira suporta, por ser uma área menor que irá resistir as forças atuantes.

Figura 22 – Fases de degradação da madeira.



Fonte: Figueroa e Moraes (2009).

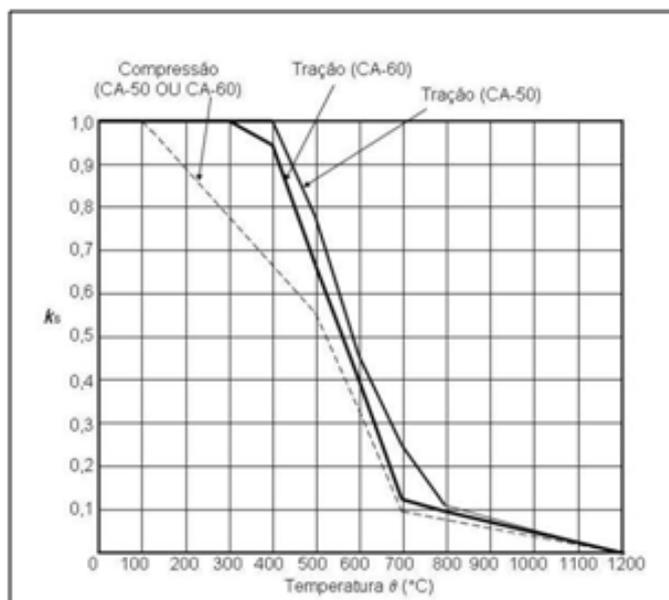
Outro ponto importante é que as estruturas de madeira geralmente quando sofrem danos maiores fazem barulho, conhecido mais popularmente como estalos, que nada mais é do que a ruptura das fibras da madeira, o que acaba sendo um sinal estrutural bem evidente.

2.6.3. Estruturas Metálicas

De acordo com Cánovas (1998) as propriedades mecânicas do aço diminuem com o aumento da temperatura. Em muitas construções são utilizados os perfis metálicos que recuperam suas propriedades primitivas quando esfriam. Entretanto, as deformações causadas muitas vezes são irreversíveis, causando a total perda de funcionalidade da peça estrutural. Dessa maneira, a deformação é o aspecto que mais chama atenção no aço e por consequência se tem a perda de resistência.

A ABNT NBR 15200 (2012) traz um gráfico que mostra a relação entre a armadura passiva do aço e a temperatura, como mostra a Figura 23. A armadura passiva é a utilizada nas estruturas de concreto armado.

Figura 23 - Fator de redução da resistência do aço de armadura passiva em função da temperatura



Fonte: ABNT NBR 15200/2012 (Adaptado pelo autor).

Pelo gráfico percebe-se que para um valor de temperatura na faixa entre 400°C e 600°C existe uma variação do coeficiente de redução de aproximadamente 0,9 a 0,45 respectivamente, mostrando um grande decaimento da resistência do aço quando submetido a altas temperaturas.

Existe também o aço encruado a frio que é o aço utilizado como armadura nas peças de concreto armado, o qual quando submetido ao fogo retorna as características anteriores, sendo essas características irreversíveis (Cánovas, 1988).

A norma técnica ABNT NBR 6118 (2014) traz um dado interessante de que o aço tem um coeficiente de dilatação térmico quase constante dentro de uma faixa de temperatura que varia de -20°C até 150°C. Esse coeficiente nada mais é do que uma taxa de variação de comprimento em relação a temperatura do material. O que se espera disso é que ele varie de forma conhecida dentro desse intervalo de temperatura. Entretanto quando sai desse intervalo, o que ocorre no incêndio, esse coeficiente de dilatação já muda, o que significa que o comportamento do aço também irá mudar.

Assim sendo, conhecer as principais estruturas, suas respostas estruturais em caso de sinistro e os principais sinais que podem ser observados leva a um conhecimento básico sobre o risco de colapso estrutural. Sendo um conhecimento

necessário para o trabalho de segurança pública realizado pelo corpo de bombeiros e de segurança da população como da própria guarnição que atua.

A atuação do corpo de bombeiros acaba sendo diferente do trabalho realizado da defesa civil que necessita de mais especialistas para uma análise minuciosa, mais precisa e que não tem um caráter tão emergencial de evacuação como o realizado pelo corpo de bombeiros.

2.6.4. Alvenaria estrutural

No trabalho de Rigão (2012) são apresentados dois dados comparativos entre alvenaria cerâmica de vedação e alvenaria cerâmica estrutural, variando a espessura das paredes e se estava com material combustível ou não sobre a parede. Os resultados variam entre 45 minutos e 240 minutos o tempo que as paredes aguentam o incêndio em ambos os tipos de alvenaria. Entretanto, as paredes carregadas, apresentaram um tempo menor de resistência ao fogo.

Já nas paredes de alvenaria estrutural de concreto carregadas, variando-se as dimensões dos blocos, o tempo de ruptura variou entre 22 minutos e 300 minutos. Sendo que os rebocos sempre serão um indicativo de que a ruptura pode ocorrer, pelo fato de que o reboco sempre recobrirá as paredes de alvenaria e irão rachar em caso de incêndio mais intenso (Rigão, 2012).

2.6.5. Alvenaria de vedação

A alvenaria de vedação nada mais é do que a parede de tijolo que é o termo utilizado em uma linguagem informal. Estudos mostram que a resistência dos blocos que compõem as paredes pode diminuir em até 74% quando o incêndio chega a 500°C e o resfriamento utilizado seja feito de forma brusca e pode ter uma diferença mínima de 12% quando o incêndio chega a 300°C (Coelho, 2017).

Segundo Bailey (2004) as paredes de alvenaria que sofrem incêndios acabam por ter um desempenho muito bom e a ruptura ocorre quando há um deslocamento lateral excessivo o que resulta em um colapso da estrutura.

Dessa forma, é importante mencionar que o tipo de resfriamento influencia na resistência dos blocos cerâmicos, pois com um resfriamento brusco, a alvenaria pode chegar a perder 62% da resistência que apresentava quando estava aquecido em contrapartida com um resfriamento lento a perda chega até 24%. Entretanto, vale ressaltar que os blocos cerâmicos que compõem a parede automaticamente perdem resistência em um incêndio e o reboco, que é a parte que cobre os tijolos, sofre fissuração com a ação do incêndio devido a dilatação dos materiais (Coelho, 2017).

Um outro dado muito importante é que os blocos de vedação quando atingem 200°C apresenta um acréscimo de resistência, em torno de 114% em relação a temperatura ambiente. Porém, quando se chega à temperatura de incêndio, observou-se que entre as temperaturas de 300°C e 500°C houve uma diminuição de aproximadamente 71% da resistência (Coelho, 2017).

No caso de se tratar toda a parede de vedação como resultado de Coelho (2017), uma parede com 1,0cm, de reboco de cada lado da parede, influencia em aproximadamente 15 minutos de resistência ao incêndio. A Figura 24 é mostra uma alvenaria de vedação de blocos cerâmicos.

Figura 24 – Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos.



Fonte: TETRACON (2023).

Além dos tópicos abordados, há de se considerar as rachaduras que os blocos podem sofrer, o que é algo comum nos incêndios, porém na literatura o foco é mais na diminuição da resistência do bloco e não na sua ruptura. Por isso, mesmo sendo um fator deficiente na literatura é relevante para o socorro operacional, haja vista Bailey (2004) afirma que há um risco de queda da estrutura.

2.7. Ações recomendadas em situação de incêndio

É recomendado, de acordo com o Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2012), que os bombeiros quando em ação de combate a incêndio tomem as seguintes ações, independente da estrutura que estiverem:

- a) Evitar jogar jatos compactos direto nas peças estruturais;
- b) Observar a existência de pontos com bolhas, fissuras, colorações fora do normal;
- c) Definir uma rota de fuga com a guarnição em caso de estalos, queda de pedaços da estrutura;
- d) Interditar e isolar o local;
- e) Acionar a Defesa Civil por meio do COCB.

3. METODOLOGIA

Quando se trata de pesquisas científicas a nível nacional se tem como referência as diretrizes dadas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). De acordo com o CNPq o presente trabalho se encaixa na área de Engenharias e subárea de Engenharia Civil. A metodologia é baseada em aspectos diferentes, por isso é apresentada em tópicos diversos. (Gil, 2017).

3.1. Classificação quanto a natureza, objetivos e abordagem

Em relação à natureza: É uma pesquisa aplicada por ter como objetivo gerar conhecimento para aplicação prática visando a solução de problemas específicos. No caso do presente trabalho os problemas são relacionados a dificuldade de um chefe de guarnição identificar problemas estruturais graves e trazer um conhecimento básico para auxiliar o chefe de guarnição na tomada de decisão (Gil, 2017).

Em relação aos objetivos: É uma pesquisa exploratória por tornar o problema mais explícito e envolver pesquisas bibliográficas e estudos de casos para assim produzir algum conhecimento para solucionar o problema proposto (Gil, 2017).

Em relação à abordagem: É qualitativa por envolver a interpretação de fenômenos estruturais de edificações, ou seja, não são dados numéricos quantificáveis, são subjetivos (Appolinário, 2009).

3.2. Procedimentos metodológicos

Quanto aos objetivos todos foram cumpridos através da pesquisa bibliográfica. O objetivo geral que era de sistematizar conhecimentos sobre estruturas foi cumprido nos capítulos 2.3 Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) que é um conceito abordado da ABNT NBR 14432 (2001), 2.4 Tipos de Estruturas que dentre as quais o principal tipo é o concreto armado como afirma Cruz; Santos; Mendes (2018), 2.5 Elementos estruturais em que a principal fonte de consulta foi a ABNT NBR 6118 (2014) que traz as definições das principais estruturas e 2.6 Principais respostas

estruturais ao fogo onde o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2012) traz um rol das principais respostas que podem ser encontradas.

Em relação aos objetivos específicos cada um deles foi utilizado para se atingir o objetivo geral, assim, o objetivo de estudar bibliografia sobre colapso de estruturas é atingido no capítulo 2.6 Principais respostas estruturais ao fogo. Os objetivos de indicar as principais estruturas que podem ser encontradas e indicar os principais pontos críticos das estruturas foram alcançados nos capítulos 2.4 Tipos de estruturas e 2.5 Elementos estruturais, respectivamente.

3.3. Público-alvo

O público que se pretende atingir é toda guarnição do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, porque as conclusões do trabalho são indicações de ações para toda guarnição, principalmente para o chefe de guarnição e comandante de incidente, ou seja, para todos oficiais e praças que correm para socorro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como objetivo geral do trabalho tem-se de analisar o conhecimento que é necessário para que o chefe de guarnição possa avaliar as estruturas de uma forma simples. Esse objetivo é alcançado no trabalho na revisão bibliográfica se tratando dos principais tipos de estruturas, item 2.4; dos elementos estruturais, item 2.5 e das principais respostas estruturais ao fogo, item 2.6.

O conhecimento que é necessário, é básico, por isso não é apresentado qualquer dimensionamento estrutural, pois é algo que um chefe de guarnição ou qualquer militar que se encontre no socorro não irá ter tempo hábil para se fazer.

Dessa maneira, os aspectos abordados são mais visuais, como o tipo de estrutura, que observando consegue-se distinguir uma estrutura de madeira, de uma de concreto ou de aço. Assim como visualmente, conhecendo-se os conceitos dos elementos estruturais se torna mais fácil se diferenciar um pilar, de uma laje ou mesmo de uma viga.

Todos os objetivos, geral e específicos, foram alcançados através da revisão de literatura, sendo feita uma pesquisa literária e objetiva em relação a cada objetivo. Os resultados apresentados têm a limitação pelo fato de a pesquisa ser bibliográfica, sendo que esse tipo de pesquisa carece de comprovação experimental para se chegar a conclusões mais precisas, sendo as conclusões trazidas de outros autores.

Além disso, em alguns assuntos existe a escassez de material científico para poder embasar o estudo, como em relação as respostas das estruturas metálicas, estruturas de madeira, alvenaria estrutural e alvenaria de vedação, tornando a sistematização da literatura baixa.

As principais respostas estruturais ao fogo e seus pontos críticos se têm mais conhecimento literário de três das quatro tratadas nesse trabalho. Sendo que há deficiência de informação na literatura sobre a alvenaria estrutural, as estruturas são apresentadas a seguir acrescidas da alvenaria de vedação que não é um tipo de estrutura, mas apresenta um risco a guarnição (Cruz; Santos; Mendes, 2018):

- a) Concreto armado
- b) Estrutura em madeira
- c) Estrutura metálica
- d) Alvenaria estrutural
- e) Alvenaria de vedação

Os elementos estruturais que apresentam características mais visíveis em um sinistro ou que em detrimento de sua falha gere um grande impacto crítico estrutural são apresentados a seguir (ABNT, 2014):

- a) Laje
- b) Viga
- c) Pilar Parede
- d) Pilar
- e) Fundação

Os elementos estruturais acima citados são os pontos críticos das estruturas independente de qual seja ela em concreto armado, estrutura em madeira ou estrutura metálica. Já na alvenaria estrutural ocorre uma diferença porque toda a parede funciona como um pilar, então toda a parede se torna um ponto crítico (ABNT, 2014).

Os principais problemas encontrados nas estruturas de concreto são (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2012):

- a) Flecha;
- b) Deslocamentos;
- c) Fissuras, trincas e rachaduras;
- d) Exposição de armadura;
- e) Perda do cobrimento;
- f) Calcinação;
- g) Concreto desagregado;
- h) Perda da aderência entre o aço e o concreto e
- i) Diminuição da resistência dos materiais.

No concreto armado as estruturas têm um comportamento predominante para cada peça estrutural. Os pilares trabalham a compressão e perdem sua resistência

devido a ação do incêndio, pois sofrem uma perda significativa da resistência da armadura que o compõe, fazendo com que o concreto do pilar fique sobrecarregado e possa romper devido à sobrecarga (Cànovas, 1988).

Já para as vigas quando se encontram em situação de incêndio estas sofrem retração devido a perda de água e flexão o que provoca fissuras na estrutura e a leva a perda de resistência, porque a área de distribuição dos esforços será menor. É importante observar o tamanho das vigas, pois quanto maior a viga, maiores são os efeitos e maior o risco de colapso. Além disso, as vigas sofrem com a flecha que seria provocada com a flexão. Em caso de sinistro as vigas tendem a apresentar uma flecha mais visível (Cànovas, 1988).

As lajes por serem as estruturas mais finas são as que mais sofrem efeito do incêndio. Por isso, é comum ocorrer o deslocamento do cobrimento da armadura e grande perda da resistência do aço, fazendo com que as lajes tenham a capacidade de resistência, nos seus vãos, bastante reduzida (Cànovas, 1988). No caso das lajes também ocorre o fenômeno das flechas, entretanto de forma tridimensional e não bidimensional como nas vigas.

Se tratando da estrutura em madeira os principais problemas encontrados são (França, 2019) a alteração de cor; desprendimento de gases; diminuição da seção transversal e o som.

Na estrutura em madeira os principais pontos críticos são referentes às peças estruturais já citadas, porém existe a diferença na forma como elas vão se manifestar. Visto que a madeira é um material diferente do concreto ela irá “avisar” antes da sua ruptura com estalos, porém esse é um sinal imediatamente antes da ruptura e não é um risco que a guarnição deve se expor. Além disso, a madeira sofre a mudança de cor, mas suas peças estruturais não sofrem a flecha, fissuração, nem a flambagem. Assim sendo, torna-se uma estrutura mais difícil de se ter algum parâmetro, fora a cor, desprendimento de gases, diminuição da seção transversal e o som, na hora do socorro.

Os principais problemas encontrados nas estruturas metálicas são (Cànovas, 1988):

- a) Deslocamento;
- b) Flambagem;
- c) Flecha;
- d) Diminuição da resistência

A viga metálica também apresenta flecha como a viga de concreto armado, porém nenhuma estrutura metálica apresenta fissuração.

Na alvenaria estrutural ocorre uma deficiência de literatura abordando os principais sinais estruturais que a acometem. Entretanto o que pode ser afirmado é que as principais respostas são as fissuras, trincas e rachaduras, porque são os sinais observados na alvenaria de vedação e no concreto.

No Quadro 5 se relaciona a estrutura e o sinal estrutural como sendo grave, médio ou leve. Trata-se de uma divisão realizada pelo autor para que a guarnição possa ter uma noção da gravidade. A explicação de cada sinal e suas possíveis combinações são explicadas após o Quadro 5.

Quadro 5– Relação entre estrutura e a gravidade do sinal estrutural.

	Flecha	Deslocamento	Fissuras, trincas e rachaduras	Exposição da armadura	Perda do cobrimento	Calcinação	Concreto desagregado	Perda da aderência entre aço concreto	Diminuição da resistência dos materiais	Cor	Ruídos	Perda de seção transversal
Concreto armado	Grave	Grave	Grave	Médio	Médio	Não Identificado	Grave	Não identificado	Não identificado	Depende da cor	Grave	Grave
Estrutura de madeira	Não se aplica	Grave	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não identificado	Grave	Grave	Grave
Estrutura metálica	Grave	Grave	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não identificado	Grave	Grave	Não identificado
Alvenaria estrutural	Não se aplica	Grave	Grave	Não se aplica	Não se aplica	Não Identificado	Não Identificado	Não se aplica	Não identificado	Depende da cor	Grave	Não identificado

Fonte: Autor.

Do Quadro 5 acima, é necessário esclarecer que as respostas classificadas como “Grave” indicam uma possível ruptura local da estrutura que pode ser imediata. As classificadas como “Média” são problemas que levam a ruptura com um tempo maior, em que o enfraquecimento da peça ocorre gradativamente. Já as classificadas como “Não identificado” são ações que na hora do socorro serão muito difíceis de serem identificadas, ou mesmo podem se confundir com outras ações.

As ações classificadas como “Não se aplica” querem dizer que para aquela estrutura ela não ocorre. Por último as que dependem de coloração e estão classificadas como “Depende da cor” é porque dependendo da cor pode ser um sinal muito grave, médio, ou pode ser um sinal leve e que pode ser confundido com a cor do próprio incêndio, não sendo indicado se analisar no momento do socorro.

Na literatura não há estudos dizendo que um sinal estrutural associado a outro se deve evacuar imediatamente, existem casos de estudo e a indicação dos principais sinais estruturais que levam a ruínas das edificações. Contudo, é recomendado que a guarnição percebendo dois sinais estruturais graves, ou um médio e um grave seja realizada a retirada do local imediatamente. Assim como, se for identificado mais de dois sinais médios se deve evacuar imediatamente também. Ao passo que dois sinais médios podem se continuar a fazer o combate com atenção e ao aparecimento de qualquer outro sinal evacue imediatamente.

É recomendado também que caso não haja a observação de sinais estruturais evidentes ou de algum deles isolados se siga o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) estabelecido pela ABNT (2001). A seguir são apresentados quatro quadros relacionando cada estrutura com suas peças estruturais e as respostas estruturais em relação ao incêndio. O Quadro 6 trata sobre concreto armado, Quadro 7 sobre estrutura de madeira; Quadro 8 sobre estrutura metálica e quadro 9 sobre alvenaria estrutural. A sigla “Não id.” no Quadro 6 significa não identificado.

Quadro 6 – Relação do concreto e suas peças estruturais.

Estrutura de concreto												
	Flecha, flambagem	Deslocamento	Fissuras, trincas e rachaduras	Exposição da armadura	Perda do cobrimento	Calcinação	Concreto desagregado	Perda da aderência entre aço concreto	Diminuição da resistência dos materiais	Cor	Ruídos	Perda de seção transversal
Laje	Grave	Grave	Médio	Médio	Médio	Não id.	Médio	Grave	Não id.	Depende da cor	Grave	Grave
Viga	Grave	Grave	Grave	Médio	Médio	Não id.	Grave	Grave	Não id.	Depende da cor	Grave	Grave
Pilar	Grave	Grave	Grave	Grave	Grave	Não id.	Grave	Grave	Não id.	Depende da cor	Grave	Grave
Pilar parede	Grave	Grave	Grave	Grave	Grave	Não id.	Grave	Grave	Não id.	Depende da cor	Grave	Grave
Fundação	Não id.	Não id.	Não id.	Não id.	Não id.	Não id.	Não id.	Não id.	Não id.	Não id.	Não id.	Não id.

Fonte: Autor.

Quadro 7 - Relação da estrutura de madeira e suas peças estruturais.

	Estrutura em madeira				
	Cor	Desprendimento de gases	Ruídos	Diminuição da resistência	Perda de seção transversal
Laje	Grave	Médio	Grave	Não Identificado	Não Identificado
Viga	Grave	Médio	Grave	Não Identificado	Não Identificado
Pilar	Grave	Médio	Grave	Não Identificado	Não Identificado

Fonte: Autor.

Quadro 8 – Relação da estrutura de metal e suas peças estruturais.

	Estrutura metálica				
	Deslocamento	Flambagem	Flecha	Diminuição da resistência	Ruídos
Laje	Grave	Não se aplica	Grave	Não Identificado	Grave
Viga	Grave	Não se aplica	Grave	Não Identificado	Grave
Pilar	Grave	Grave	Não se aplica	Não Identificado	Grave
Fundação	Não Identificado	Não se aplica	Não Identificado	Não Identificado	Não Identificado

Fonte: Autor.

Quadro 9 – Relação da alvenaria estrutural e suas peças estruturais.

	Alvenaria estrutural			
	Fissura, trincas e rachaduras	Ruídos	Diminuição da resistência	Perda de seção transversal
Laje	Grave	Grave	Não Identificado	Não Identificado
Viga	Grave	Grave	Não Identificado	Não Identificado
Pilar	Grave	Grave	Não Identificado	Não Identificado

Fonte: Autor.

Nos Quadros de 5 a 9 nenhuma resposta estrutural é classificada como “Leve” pelo fato de que qualquer um desses sinais estruturais demonstra uma perda de resistência significativa. Nos Quadros de 6 a 9 são mais bem detalhados de acordo com cada peça estrutural e suas patologias e fica nítido que no Quadro 6 que é o de concreto armado é o que se tem mais informações sobre patologias, já as estruturas de madeira e de alvenaria estrutural são os que se tem menos dados, que são os Quadros 7 e 9, respectivamente.

Do Quadro 6 pode-se analisar que a maioria dos sinais são classificados como “Grave”, os que foram classificados como “Médio” se devem pelo fato de que são patologias mais comuns em construções e que podem ser encontradas sem ter relação com o sinistro o que necessita de uma análise mais minuciosa e que leva a um acompanhamento frequente por parte de especialistas, sendo por isso, considerados danos a estrutura menos graves.

Em relação a fundação da estrutura é algo que durante uma ocorrência ou após ela não se consegue observar, pelo fato de ser uma estrutura que está abaixo do solo, impossibilitando qualquer avaliação, por essa razão todos os problemas são classificados como “Não identificado”.

Se tratando da estrutura de madeira do Quadro 7 o desprendimento de gases é algo que vai ocorrer quando um incêndio atinge uma madeira, seja ele em sua fase inicial ou não, por ser um material que irá pirolisar bastante e por conta disso é classificado como “Médio”.

A estrutura metálica e a alvenaria estrutural que são tratadas no Quadro 8 e Quadro 9 respectivamente, têm qualquer sinal observável como “Grave”. O metal tem a propriedade de se dilatar muito quando submetido ao calor e isso faz com que sua resistência diminua bastante enquanto estiver em situação de incêndio, o que faz com que qualquer peça estrutural metálica perca muita resistência.

Já a alvenaria estrutural por ter cada componente suportando um esforço que se transfere para toda estrutura, quando algum componente da estrutura é danificado se sobrecarrega toda a construção, podendo-se gerar todo um efeito em cadeia de ruptura e por isso os sinais da estrutura metálica e da alvenaria estrutural são classificados como “Grave”.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo foi justificado pelo fato de que no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal não existe uma normatização direcionando o chefe de guarnição aos aspectos que se deve observar em uma edificação atingida por um sinistro, sendo que existe um risco de colapso estrutural. O objetivo geral do trabalho foi analisar o conhecimento necessário para que o chefe de guarnição possa avaliar as estruturas de uma forma simples. Já os objetivos específicos são:

- a) Sistematizar conhecimentos sobre estruturas;
- b) Estudar a bibliografia sobre colapso de estruturas;
- c) Indicar as principais estruturas que podem ser encontradas no Brasil;
- d) Indicar os principais pontos críticos das estruturas.

Em relação ao concreto armado pela literatura é o que se tem mais conhecimento do comportamento quando se trata de sinistros. Quando se fala dos seus elementos estruturais, os pilares perdem sua resistência devido a ação do incêndio, fazendo com que o concreto do pilar fique sobrecarregado e possa romper devido à sobrecarga (Cánovas, 1988). As vigas quando se encontram em situação de incêndio sofrem retração devido à perda de água e flexão, o que provoca fissuras na estrutura e leva à perda de resistência. Além disso, as vigas sofrem com a flecha que seria provocada com a flexão, em caso de sinistro as vigas tendem a apresentar uma flecha mais visível (Cánovas, 1988). Nas lajes é comum ocorrer o deslocamento do cobrimento da armadura e grande perda da resistência do aço, fazendo com que as lajes tenham a capacidade de resistência, nos seus vãos, bastante reduzida, além das flechas que também podem ocorrer (Cánovas, 1988).

Em se tratando das estruturas de madeira os principais problemas encontrados são alteração de cor e desprendimento de gases (França, 2019). Visto que a madeira é um material diferente do concreto ela irá “avisar” antes da sua ruptura com estalos, porém esse é um sinal imediatamente antes da ruptura e não é um risco que a guarnição deve se expor. Além disso, a madeira sofre a mudança de cor, mas suas peças estruturais não sofrem a flecha, fissuração, nem a flambagem. Assim sendo,

torna-se uma estrutura mais difícil de se ter algum parâmetro, fora a cor, desprendimento de gases e o som, na hora do socorro (Figueroa e Moraes, 2009).

Quando se fala das estruturas metálicas os principais problemas encontrados são o deslocamento, a flambagem no pilar e a flecha nas vigas e lajes. Esses efeitos se dão pelo fato da dilatação do metal a altas temperaturas (Cànovas, 1988).

Na alvenaria estrutural ocorre uma deficiência de literatura abordando os principais sinais estruturais que a acometem. Entretanto por ser uma alvenaria, as fissuras, trincas e rachaduras são os principais sinais que podem ser percebidos, porque são os observados na alvenaria de vedação e no concreto. Além disso, pelo fato de estarem carregadas com o peso da própria estrutura apresentam uma resistência menor ao incêndio, fazendo com que as rachaduras possam aparecer mais rápido (Rigão, 2012).

Para apresentação dos resultados foram montadas várias tabelas, uma para cada estrutura, indicando os principais riscos de cada peça estrutural e por fim indicando qual ação deve-se tomar quando se encontra sinais estruturais como evacuação do local, isolamento e combate com atenção.

Devido aos resultados apresentados foi desenvolvido o produto do trabalho que é uma cartilha que descreve as principais peças estruturais, que são laje, viga, pilar, pilar parede e fundação. Apresenta também os principais sinais estruturais em relação as estruturas mais comuns. Ou seja, é relacionado a estrutura de concreto armado com a laje, viga, pilar, pilar parede e fundação e cada ação que pode comprometer a estrutura como calcinação, deslocamento e fissura com a gravidade da ocorrência de cada uma. Essa mesma relação é feita com as estruturas de madeira, metálica e a estrutural.

Como sugestão de pesquisa futura se tem um estudo de viabilidade para a inclusão de matéria nos cursos de formação, principalmente no curso de formação de praças, que aborde o tema, ou mesmo inclua o assunto dentro de uma matéria já existente para assim ser um conhecimento básico mais bem difundido.

REFERÊNCIAS

- AECWEB. **O que é concreto armado?** Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/concreto-armado-e-solucao-duravel-e-economica/6993>. Acesso em: 15 set. 2023.
- AMIGOCONSTRUTOR. **A importância do cobrimento da armadura.** Disponível em: <https://www.amigoconstrutor.com.br/conteudos/a-importancia-do-cobrimento-da-armadura.html>. Acesso em: 15 set. 2023.
- ARCHDAILY. **Estruturas de madeira: a versatilidade do material em projetos brasileiros contemporâneos.** Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/995711/estruturas-de-madeira-a-versatilidade-do-material-em-projetos-brasileiros-contemporaneos>. Acesso em: 15 set. 2023.
- APPOLINÁRIO, Fabio. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico.** São Paulo: Atlas, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Alvenaria estrutural – Parte 4: Estruturas em situação de incêndio: **NBR 16868-4**. Rio de Janeiro. 2021
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Componentes cerâmicos Parte 3: Bloco cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio: **NBR 15270-3**. Rio de Janeiro. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais: **NBR 15575-1**. Rio de Janeiro. 2013a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Edificações habitacionais – Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas: **NBR 15575-5**. Rio de Janeiro. 2013b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Exigência de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento: **NBR 14432**. Rio de Janeiro. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios: **NBR 8800**. Rio de Janeiro. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto: **NBR 6118**. Rio de Janeiro. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio: **NBR 15200**. Rio de Janeiro. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de madeira: **NBR 7190**. Rio de Janeiro. 1997.

AXIALENGENHARIA. **Métodos construtivos: Concreto armado e alvenaria estrutural**. Disponível em: <https://axialengenharia.eng.br/2017/05/17/metodos-construtivos-concreto-armado-e-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 15 set. 2023.

BAILEY, C. **Structural fire design: Core os specialist subject?**. The Structural Engineer, mai. 2004.

BEALL, C. **Masonry Design and Detailing: for architects, engineers and contractors**. McGraw-Hill. 4ª ed. 1997.

BURIN, E. M.; DANIEL, E.; FIGUEIREDO, F. F.; MOURÃO, I. C. S.; SANTOS, M. S. **Vistorias na Construção Civil – Conceitos e Métodos**. São Paulo. Editora PINI. 2009.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. Editora PINI. 1988.

COELHO, A. A. C. M. **Estudos do comportamento das alvenarias de vedação em blocos cerâmicos submetidos a elevadas temperaturas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Centro de Tecnologia e Geociências. Recife. 2017.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Manual básico de combate a incêndio: comportamento do fogo**. 2. ed. Brasília, 2012ª.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Procedimento Operacional Padrão (POP): Combate a Incêndio em Edificações Altas**. Brasília, 2015a.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Procedimento Operacional Padrão (POP): Incêndio em Residência Unifamiliar**. Brasília, 2015b.

CRUZ, H. M.; SANTOS, D. DE; MENDES, L. A. Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos. **Ambiente Construído**. Porto Alegre. v. 18, n.1, p. 49-65, jan. / mar. 2018.

DEFESA CIVIL DO DISTRITO FEDERAL (DCDF). **Relatório Técnico**. Imóvel de uso misto QSE área especial, nº 20, lote 19. fev. 2022.

FELTRE, R. **Química-1**. Moderna, São Paulo, 2005.

FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. DE. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas**. Ambiente Construído, v.9, n.4, out. 2009.

FRANÇA, L. A. A. **Análise da durabilidade da reação ao fogo da madeira e painéis derivados de madeira**. Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança. Paraná. 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GROCKOSKI, B. **Estudo da Relação entre o Fenômeno de Calcinção e a Redução da Resistência do Concreto Armado em Situações Adversas**. Revista FLAMMAE, jan/jun. 2018.

G1. **Incêndio em prédio de SP foi causado por curto-circuito em tomada no 5º andar, diz secretário**. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/incendio-em-predio-de-sp-foi-causado-por-curto-circuito-em-tomada-no-5-andar-diz-testemunha.ghtml>. Acesso em: 12 de set. 2023.

HABITISSIMO. **Parede/Pilar, poço de elevador**. Disponível em: https://fotos.habitissimo.com.br/foto/parede-pilar-poco-de-elevador_1277547. Acesso em: 15 set. 2023.

HAGER, I. **Colour Change in Heated Concrete**. Fire Technology, V.50, n.4, jul. 2013.

IPOG. **Tipos de fundações: Qual a importância em uma obra e como escolher o mais adequado**. Disponível em: <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/tipos-de-fundacoes/#:~:text=O%20que%20C3%A9%20funda%C3%A7%C3%A3o%20de,momento%20de%20levantar%20uma%20obra>. Acesso em: 19. jun. 2023.

MAISENGENHARIA. **O que posso fazer para reduzir o deslocamento em estruturas?** Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/o-que-posso-fazer-para-reduzir-o-deslocamento-em-estruturas/>. Acesso em: 15 set. 2023.

MAISENGENHARIA. **Importância de verificar deslocamentos, fissuras, flechas em estruturas**. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/importancia-de-verificar-deslocamentos-fissuras-e-flechas-em-estruturas/>. Acesso em: 15 set. 2023.

MAPADOBRA. **4 sinais de problemas com o concreto**. Disponível em <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/4-sinais-de-problemas-com-o-concreto/>. Acesso em: 15 set. 2023.

MATA, K. L.; CALDAS, R. B.; RODRIGUES, F. C.; DIAS, J. V. F. **Análise das temperaturas de um compartimento durante treinamentos de combate a incêndio**. Ambiente Construído. v.20, n.2, p.245-260, abr./jun. Porto Alegre. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/CDHd3QsYJ9Zyzt5gMtxsXzi/?lang=pt>. Acesso em: 30 jun. 2023.

METALPAR. **As estruturas em aço são sucesso na construção civil**. Disponível em: <https://www.metalparsp.com.br/artigo/as-estruturas-em-aco-sao-sucesso-na-construcao-civil>. Acesso em: 15 set. 2023.

MORAES, P. D. **Alerta Precoce de Colapso Estrutural em Situações de Incêndio para Bombeiros**. 1º Seminário de Pesquisa e Inovação do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Revista Ignis**. V. 6. Florianópolis. Santa Catarina. 2021.

RIGÃO, A. O. **Comportamento de Pequenas Paredes de Alvenaria Estrutural Frente a Altas Temperaturas**. Dissertação de mestrado. Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2012.

ROSSO, T. **Incêndios e Arquitetura**. mar. 1975.

SANTOS, J. H. A. **Origem e evolução das bibliotecas no ocidente ao longo do tempo**. Monografia de conclusão de curso. Faculdade de Ciência da Informação da Universidade de Brasília. Universidade de Brasília. Brasília. 2014.

SILVA, V.P. **Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Conforme ABNT NBR 15200:2012**. Editora Blucher, São Paulo. 2012.

SILVA, G. P. **Uma abordagem geodésica da locação e controle dimensional de estruturas da construção civil**. Dissertação de mestrado. Centro de Tecnologia e geociência. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332277852_UNIVERSIDADE_FEDERAL_DE_PERNAMBUCO_CENTRO_DE_TECNOLOGIA_E_GEOCIENCIAS_ESCOLA_D_E_ENGENHARIA_DE_PERNAMBUCO_DEPARTAMENTO_DE_ENGENHARIA_CARTOGRAFICA_PROGRAMA_DE_POS-GRADUACAO_EM_Ciencias_Geodesicas_e_Tecn. Acesso em: 15 set. 2023.

SLIDEPLAYER. **Projeto de estruturas de concreto armado /Aderência e ancoragem**. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/6067178/>. Acesso em: 17 set. 2023.

TETRACON. **Bloco de concreto x bloco cerâmico na alvenaria estrutural**. Disponível em: <https://tetraconind.com.br/blog/bloco-de-concreto-x-bloco-ceramico-na-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 17 de set. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). PORTAL VIRTUHAB. **ESTRUTURAS [conceito]**. Disponível em: <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/estruturas-conceito/#:~:text=Pilar%20%C3%A9%20um%20elemento%20estrutural,transferi%20Dlos%20para%20as%20funda%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 07 de ago. 2023.

VENÂNCIO, C.; GULAK, D; MACHADO FILHO, C. D.; NOTARI, D. G.; OLIVEIRA, M. A.; PEGORARO, D. M. P. **Levantamento de manifestações patológicas na ponte sobre o rio das ostras no município de balneário camboriú, Santa Catarina-Brasil**. Anais do congresso brasileiro de patologia das construções. 2020. Fortaleza. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343327034_LEVANTAMENTO_DE_MANIFESTACOES_PATOLOGICAS_NA_PONTE SOBRE O RIO DAS OSTRAS NO MUNICIPIO DE BALNEARIO CAMBORIU SANTA CATARINA-BRASIL/link/603003c34585158939b7a027/download. Acesso em: 15 set. 2023.

APÊNDICE A - ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

1. **Aluno:** Cadete BM/2 Vinícius Augusto Fonseca Garcia
2. **Nome:** Cartilha de evidências estruturais em situação de incêndio que visam subsidiar o chefe de guarnição.
3. **Descrição:** Cartilha com informações básicas sobre estruturas, abordando a definição das principais peças estruturais e apresentando as principais estruturas utilizadas no Brasil, assim como suas principais respostas ao incêndio.
4. **Finalidade:** Tornar o conhecimento básico alcançável para qualquer bombeiro que precisar agir em uma situação de incêndio, para que possa ter uma melhor noção do que está acontecendo e dos pontos frágeis das estruturas e aspectos que devem ser observados.
5. **A quem se destina:** Chefe de guarnição, comandante de socorro.
6. **Funcionalidades:** Não se aplica.
7. **Especificações técnicas:**

Material textual: O formato do arquivo é em PDF, tendo como formato da impressão modo paisagem de uma folha A4 que é dobrada em duas partes, não há portaria que regulamenta, há duas páginas (Frente e verso de uma folha A4).
8. **Instruções de uso:** Uso ideal é antes do sinistro ocorrer como uma forma de conhecimento prévio básico de pontos a serem observados na estrutura, caso não seja possível pode ser utilizado durante a ocorrência como uma fonte de consulta rápida.
9. **Condições de conservação, manutenção, armazenamento** (quando for o caso): O produto deve ser guardado ao abrigo do sol e umidade, por ser uma cartilha, ao se molhar pode manchar com o tempo.

ANEXO A – CARTILHA FRENTE

ESTRUTURA EM MADEIRA

PROBLEMAS ESTRUTURAIS	ESTRUTURAS E GRAVIDADE DE CADA DANO		
	LAJE	VIGA	PILAR
ALTERAÇÃO DE COR	GRAVE	GRAVE	GRAVE
DESPRENDIMENTO DE GASES	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO
RUÍDO	GRAVE	GRAVE	GRAVE
DIMINUIÇÃO DA RESISTÊNCIA	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.
PERDA DE SEÇÃO	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.

ESTRUTURA METÁLICA

PROBLEMAS ESTRUTURAIS	ESTRUTURAS E GRAVIDADE DE CADA DANO			
	LAJE	VIGA	PILAR	FUNDAÇÃO
DESLOCAMENTO	GRAVE	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.
FLAMBAGEM	NÃO SE APLICA	NÃO SE APLICA	GRAVE	NÃO SE APLICA
FLECHA	GRAVE	GRAVE	NÃO SE APLICA	NÃO ID.
DIMINUIÇÃO DA RESISTÊNCIA	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.
RUÍDOS	GRAVE	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.

ALVENARIA ESTRUTURAL

PROBLEMAS ESTRUTURAIS	ESTRUTURAS E GRAVIDADE DE CADA DANO		
	LAJE	VIGA	PILAR
FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS	GRAVE	GRAVE	GRAVE
RUÍDOS	GRAVE	GRAVE	GRAVE
DIMINUIÇÃO DA RESISTÊNCIA	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.
PERDA DE SEÇÃO TRANSVERSAL	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.

GLOSSÁRIO DE DANOS ESTRUTURAIS

ARMADURA - É o vergalhão de aço que vai dentro do concreto armado.

PERDA DA COBERTURA - É quando a menor distância entre a armadura e a face externa da peça é arrancada e a armadura fica exposta.

FLECHA - Problema em vigas e lajes quando ela faz uma "barriga".

FLAMBAGEM - Problema em pilares quando ele faz uma "barriga" lateralmente.

CONCRETO DESAGREGADO - É quando os materiais do concreto perdem aderência, não se conectam mais, podendo se esfarelar.

PERDA DE SEÇÃO TRANSVERSAL - É quando a seção da peça diminui de tamanho, seja por ação do fogo, perda do cobrimento, concreto desagregado ou outro processo.

TABELA CLASSIFICAÇÃO DE GRAVIDADE E RECOMENDAÇÕES

EVACUAÇÃO IMEDIATA, ISOLAMENTO E REFORÇOS	2 ou + sinais graves
Qualquer combinação que tenha um maior número que 2 sinais graves somados a médios deve-se evacuar imediatamente e/ou isolar o local. Além disso, deve ser avaliada necessidade de solicitar reforços.	
EVACUAÇÃO IMEDIATA E ISOLAMENTO	1 sinal grave + 1 sinal médio ou + de 2 médios
Qualquer combinação com maior número de 2 médios deve-se evacuar e/ou isolar o local.	
COMBATE COM ATENÇÃO	2 sinais médios
Combate com atenção em caso de 2 sinais médios.	

CARTILHA DE EVIDÊNCIAS DE DANOS ESTRUTURAIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO QUE VISAM SUBSIDIAR A DECISÃO DO CHEFE DE GUARNIÇÃO



CBMDF
Segurança
Contra
Incêndio

Trabalho
EVIDÊNCIAS ESTRUTURAIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO QUE VISAM SUBSIDIAR A TOMADA DE DECISÃO DO CHEFE DE GUARNIÇÃO

Autor
Cad./42 Vinícius Augusto Fonseca Garcia

ANEXO B – CARTILHA VERSO

SINAIS ESTRUTURAIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO QUE VISAM EMBASAR A TOMADA DE DECISÃO DO CHEFE DE GUARNIÇÃO

Os principais tipos construtivos são (Cruz; Santos; Mendes, 2018):

- CONCRETO ARMADO
- ESTRUTURAS METÁLICAS
- ESTRUTURAS EM MADEIRA
- ALVENARIA ESTRUTURAL

ELEMENTOS ESTRUTURAIS QUE DEVERÃO SER OBSERVADOS

Os elementos estruturais que apresentem características mais visíveis em um sinistro ou que em detrimento de sua falha gera um grande impacto crítico estrutural são (ABNT, 2014):

LAJE

É um elemento estrutural em forma de placa, isso quer dizer que ela é bem maior em duas dimensões (ABNT, 2014).

VIGA

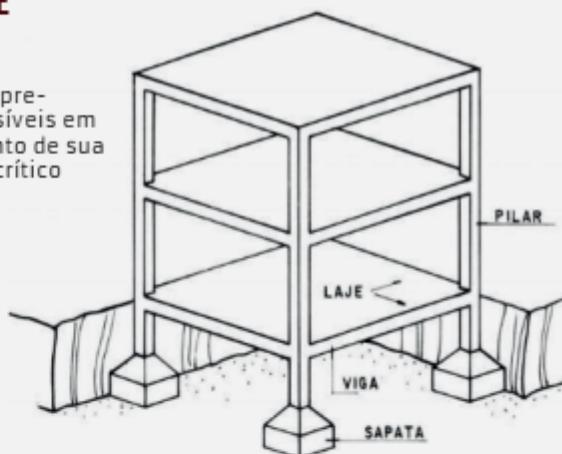
Um elemento estrutural em que o comprimento é bem maior do que altura e a espessura (ABNT, 2014).

PILARES-PAREDE

São elementos de superfície em que a menor dimensão de sua seção transversal deve ser menor do que seu comprimento (ABNT, 2014). Como exemplo de pilar parede se tem a caixa do elevador e caixa de escada.

PILAR

É um elemento estrutural em que o comprimento é bem maior do que a altura e a espessura (UFSC, 2013).



FUNDAÇÃO

É a peça que faz parte da estrutura da construção e que transmite os esforços e cargas da estrutura para o solo (Ipog, 2023).

TABELAS DE CLASSIFICAÇÃO DE FADIGA NOS PRINCIPAIS TIPOS DE ESTRUTURAIS

Em seguida são apresentadas tabelas de classificação de gravidade das principais situações de dano

ESTRUTURA EM CONCRETO

PROBLEMAS ESTRUTURAIS	ESTRUTURAS E GRAVIDADE DE CADA DANO				
	LAJE	VIGA	PILAR	PILAR PAREDE	FUNDAÇÃO
FLECHA, FLAMBAGEM	GRAVE	GRAVE	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.
DESLOCAMENTO	GRAVE	GRAVE	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.
FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS	MÉDIO	GRAVE	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.
EXPOSIÇÃO DA ARMADURA	MÉDIO	MÉDIO	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.
PERDA DO COBRIMENTO	MÉDIO	MÉDIO	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.
CALCINAÇÃO	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.
CONCRETO DESAGREGADO	MÉDIO	GRAVE	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.
PERDA DA ADERÊNCIA ENTRE AÇO E CONCRETO	GRAVE	GRAVE	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.
DIMINUIÇÃO DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.	NÃO ID.
ALTERAÇÃO DE COR	DEPEND. DA COR	DEPEND. DA COR	DEPEND. DA COR	DEPEND. DA COR	NÃO ID.
RUÍDOS	GRAVE	GRAVE	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.
PERDA DE SEÇÃO TRANSVERSAL	GRAVE	GRAVE	GRAVE	GRAVE	NÃO ID.