

UNIVERSIDADE BRASIL

Curso de Engenharia Civil

**NECESSIDADE DO ESTUDO DA SEGURANÇA CONTRA
INCÊNDIO EM ESTRUTURAS**

GIOVANI DONIZETI DE JESUS

ANDERSON AMBROSI

Junho
2017

**GIOVANI DONIZETI DE JESUS
ANDERSON AMBROSI**

**NECESSIDADE DO ESTUDO DA SEGURANÇA CONTRA
INCÊNDIO EM ESTRUTURAS**

Monografia apresentada junto à universidade Brasil
como requisito para a aprovação na disciplina:
Trabalho de conclusão de curso.

Área do trabalho: incêndio, estruturas.

Orientador: Prof.^a Dra. Gisele Cristina Antunes Martins.

Descalvado
Junho (2017)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que nos apoiaram nessa jornada e que sempre estiveram ao nosso lado principalmente as nossas famílias e todos que nos amam, pois são eles os pilares das nossas vidas.

RESUMO

Na construção de edifícios a proteção contra incêndio deve ser encarada com seriedade por todos os profissionais por ter como objetivo principal e indispensável à proteção e integridade da vida humana e a proteção dos bens materiais dos ocupantes. O trabalho tem como ênfase demonstrar a necessidade do estudo do fator de ocupação que influencia diretamente no valor final de cálculo do tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF), por meio de cálculo aplicado a partir do método de tempo equivalente. O trabalho inicia-se com uma revisão bibliográfica sobre o assunto seguido de uma introdução aos métodos de cálculo, e por fim demonstrando o cálculo realizado, bem como as conclusões adquiridas por meio dele.

Palavras-chaves: Incêndio, segurança das estruturas, TRRF, proteção à vida.

ABSTRACT

On the construction of buildings, the fire protection system must be taken very serious by all the professionals involved. The main objective and fundamental pre-requisite is the protection of physical integrity of all human lives who will live and use the building, and as well as their assets. This paper emphasis and demonstrates the needs of the occupation factor studies acting directly on the final calculation of required time of fire resistance in a same structure, applying the equivalent time methodology. The paper begins with a bibliographic review about the subject followed by the introduction about the calculation methods applied. Hence, it also demonstrates the calculation applied and the conclusions obtained by its application.

Keywords: fire, structural safety, TRRF, protection life.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Edifício Joelma

Figura 2: Edifício Andraus

Figura 3: Tetraedro do fogo

Figura 4: Curva temperatura versus tempo de um incêndio

Figura 5: Comparação entre um incêndio padrão e o aquecimento real

Figura 6: Curvas de incêndio padrão.

Figura 7: Tipos de seções transversais de pilares mistos.

Figura 8: Projeto para cálculo.

LISTA DE QUADROS:

Quadro 1: Tipos requeridos de resistência ao fogo TRRF.

Quadro 2: Resistência ao fogo para alvenarias IT 08:04.

Quadro 3: características da edificação

Quadro 4: Risco de ativação do incêndio.

Quadro 5: Fatores de K.

Quadro 6: Fatores de medidas de segurança contra incêndio.

Quadro 7: Valores de E.

Quadro 8: Cargas de incêndio específicas por ocupação.

Quadro 9: TRRF-tempos requeridos de resistência ao fogo para elementos estruturais- em minutos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores comparativos obtidos por cálculo

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS:

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM: American Society for Testing and Materials

IT: Instrução Técnica

ISO: International Organization for Standardization

NBR: Norma Brasileira

PACI: Proteção Ativa Contra Incêndio

PPCI: Proteção Passiva Contra Incêndio

TRRF: Tempo Requerido de Resistência ao Fogo

Sumário

1 Introdução.....	11
2.1 Conceitos básicos.....	12
2.1.1 Incêndio.....	12
2.1.2 Tetraedro do fogo.....	13
2.1.3 Transmissão de calor:.....	14
2.1.4 Classificação das causas do incêndio.....	15
2.1.5 Classes de incêndio:.....	16
2.2 Ação térmica.....	17
2.3 Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF).....	18
2.4 Curva de Incêndio Padrão.....	20
2.5 Método Tabular.....	22
2.5.1 Método tabular para estabelecimento de valor de TRRF em estruturas.....	23
2.5.2 Método de tempo equivalente.....	24
3 Definição de defesa contra incêndio ativa e passiva.....	25
3.1 Proteção Passiva Contra Incêndio – PPCI.....	25
3.2 Proteção Ativa Contra Incêndio – PACI.....	26
4. Método Teórico.....	27
5 Conclusão.....	35
Referências Bibliográficas.....	36
Anexos.....	38

1 Introdução

Durante a história de nosso país houve grandes tragédias que decorreram devido à falta de estrutura e planejamento de edifícios quanto ao risco de incêndio. Esses incidentes resultaram em diversas vítimas, as quais poderiam ter sido salvas se alguns padrões de segurança fossem atendidos.

A segurança contra incêndio, por muitos, anos foi tratada como obra do acaso, algo que não podia ser previsto e que apenas acontecia como obra do destino. Porém, após grandes tragédias, o tema começou a ter mais relevância em estudos, sendo mencionado como um fator decisivo na elaboração de um projeto estrutural.

Durante a década de 70, dois incêndios de grandes proporções trouxeram à atenção a necessidade de se tomar medidas contra o risco de incêndio em estruturas, dando início a normatização de estruturas em situação de incêndio no Brasil. Entre os grandes incêndios que aconteceram no país, pode-se citar o Edifício Joelma em 1974 (figura 1), que foi iniciado por um curto circuito em um ar condicionado no 12º andar que, por sua vez, possuía forro de fibra sintética, pisos acarpetados e móveis de madeira, de modo que o fogo se espalhou rapidamente, obstruindo as escadas, impedindo a evacuação do edifício e vitimando mais de 180 pessoas. Também se ressalta o incêndio no Edifício Andraus (figura 2), sendo a possível causa o letreiro luminoso instalado na fachada do prédio, vitimando 16 pessoas e ferindo mais de 300.

Em 1996, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) instalou uma comissão para estudar o assunto em questão. A partir do texto aprovado, criou-se em 1999 a Norma brasileira NBR 14323 – “*Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio*” (ABNT,1999). Mas, logo se percebe a necessidade de uma norma para determinação da ação térmica nos elementos construtivos, gerando, no ano de 2000, a NBR 14432 na qual são colocadas as *exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos das edificações* (ABNT,2000). Porém, recentemente, um incidente demonstrou novamente a necessidade do planejamento de incêndio em construções, sendo este o incêndio na Boate Kiss, ocorrido em 27 de janeiro de 2013, que teve início durante um evento pirotécnico no palco, sendo que o teto da boate era revestido por espuma que não tinha proteção contra chamas. Para agravar a situação, o revestimento era feito de material tóxico, o local contava apenas com uma saída, o que dificultou a evacuação, e a maioria das pessoas morreram asfixiadas pela fumaça tóxica.

O estudo do risco ao incêndio na fase de projeto e materiais que permitam aumentar o tempo de resistência ao fogo é importante para que a estrutura não entre em colapso, assegurando, assim, a integridade física das pessoas que farão uso da estrutura.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a necessidade do estudo do incêndio em estruturas, esclarecendo, por meio de cálculo, a diferença de resistência de uma estrutura depois de ser exposta a altas temperaturas, levando em consideração o fator de ocupação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos básicos

2.1.1 Incêndio

Todas as estruturas estão sujeitas a ação do incêndio. Para que o incêndio aconteça é necessária uma fonte de calor, um combustível para queima e um comburente. A ação humana, representada pelas falhas, acidentais ou de projeto, também podem contribuir para o início de uma combustão imprevista.

A instrução técnica (IT) nº 02/2011 descreve fogo como sendo uma reação química de oxidação (processo de combustão), caracterizada pela emissão de calor, luz e gases tóxicos”.

Já a NBR 13860(ABNT 1997) descreve fogo como um processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz”. Incêndio é o nome dado ao fogo descontrolado em local não designado, onde possa trazer inúmeros prejuízos materiais, ambientais, sociais, podendo ocasionar desastres e mortes. Também se pode dizer que o fogo nada mais é que uma reação de queima, combustão ou oxidação resultante de uma reação química em cadeia.



Figura 1: Edifício Joelma

Fonte: Bombeiros emergência/Edifício Joelma, acesso 22/06/16



Figura 2: Edifício Andraus

Fonte: Bombeiros emergência/Edifício Andraus, acesso 22/06/16

2.1.2 Tetraedro do fogo

Até pouco tempo se utilizava a figura do triângulo de fogo, a qual foi substituída pelo tetraedro de fogo (figura 3), devido à necessidade de inclusão da reação em cadeia no processo analisado.

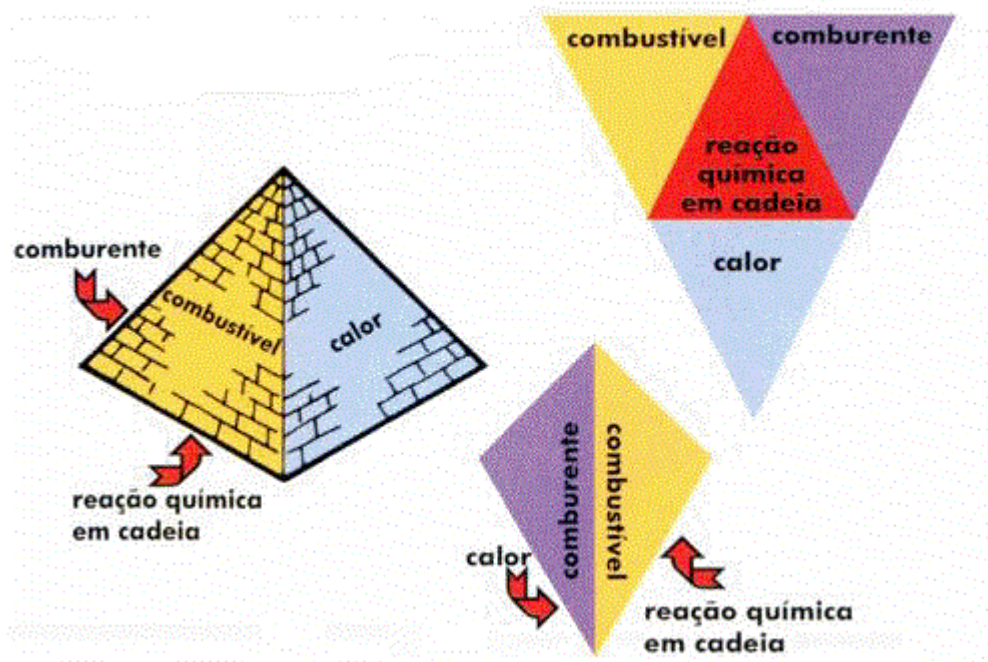


Figura 3: Tetraedro do fogo

Fonte: bombeiros emergência /fogo definição, acesso 22/06/16

Pelo tetraedro, têm-se os seguintes elementos:

- **Calor:** é o elemento que serve para dar início a um incêndio, mantendo e aumentando a sua propagação.
- **Oxigênio:** componente necessário para a combustão estando presente no ar atmosférico que nos envolve.
- **Combustível:** é o elemento que serve de propagação do fogo, podendo ser sólido, líquido ou gasoso, a grande maioria dos combustíveis precisa passar para o estado gasoso para então produzir vapores inflamáveis capazes de se combinar com o oxigênio, portanto a velocidade de sua queima depende de sua capacidade de combinação com o oxigênio sob a ação do calor e da sua fragmentação.
- **Reação em cadeia:** é o que torna a queima autossustentável. O calor irradiado das chamas atinge o combustível e este é decomposto em partículas menores, que se combina com o oxigênio e queimam, irradiando outra vez calor para o combustível, formando um ciclo constante.

2.1.3 Transmissão de calor:

São três tipos de transmissão de calor existentes:

a) **condução:** é um tipo de transmissão que ocorre de molécula a molécula, em que um meio físico aquecido pelas altas temperaturas leva calor até outros, por exemplo: paredes ou tetos.

b) **convecção:** é a transmissão do calor por ondas caloríficas, isto é, o ar superaquecido que entra em contato com outros materiais e que, por sua vez, são aquecidos até que podem entrar em combustão.

O fogo associado à convecção é um importante fator na propagação da chama e para o transporte de fumaça e gases superaquecidos para o teto ou para fora da janela do compartimento em chamas. Em edifícios, o ar aquecido se eleva e se expande. Por esta razão, o fogo propagado por convecção normalmente se espalha de forma ascendente, sendo o responsável por movimentar o calor de um piso a outro, assim como de uma área a outra na edificação. A propagação do incêndio por corredores, escadas e dutos, entre paredes e através das fachadas é causada principalmente por convecção de correntes quentes. A transmissão de calor por convecção é muito importante durante o incêndio, uma vez que a convecção efetua o

transporte de uma quantidade considerável de energia química liberada durante o fogo no ambiente, através do movimento dos gases quentes.

c) **Radiação:** é a transmissão através de ondas de calor, onde a energia radiante emitida por um corpo se propaga até outro através do espaço que os separa, independente do meio material. Exemplo: sensação térmica na pele pelos raios solares.

Deve-se sempre levar em consideração a propagação do fogo na etapa de elaboração de um plano de incêndio, pois nenhuma delas tem predominância sobre a outra, porém ambas podem levar a uma reação em cadeia, ocasionando um incêndio de proporções ainda maiores.

2.1.4 Classificação das causas do incêndio

Denomina-se de “Causas de Incêndio”, um conjunto de ações materiais, humanas e naturais, que eventualmente possam produzir ou transmitir o fogo, gerando assim o incêndio. Podemos classificar as Causas de incêndio como:

CAUSAS MORAIS: quanto existe participação ou não do homem na origem do incêndio, podendo ser divididas em:

NATURAL: são as circunstâncias originadas por meio da natureza, não dependendo da vontade ou ação do homem. É o caso dos cataclismos, assim como os tufões, vulcões, terremotos, inundações, ciclones, raios etc., que acabam por consequências gerando incêndios.

DOLOSA: é dada pela intenção e consumação do fato. É o incêndio produzido por vontade humana, por vingança, prazer mórbido, crime, indenizações ilícitas de seguros, terrorismo etc.

ACIDENTAL: quando, sem intenção ou atuação direta do homem, ocorre um incêndio, sem que haja DOLO nem CULPA. Eles ocorrem em virtude de desgastes de máquinas, falhas mecânicas, acidentes de veículos, curtos circuitos etc.

CULPOSA: são os fatores humanos que geram os sinistros através da "imprudência, negligência ou imperícia."

IMPRUDÊNCIA: os incêndios quando provocados por imprudência, são caracterizados pelo descuido do ser humano. Exemplo: atirar uma ponta de cigarro acesa; deixar um equipamento elétrico ligado ou dirigir embriagado etc.

NEGLIGÊNCIA: pode ser caracterizado pelo pouco caso, menosprezo ou pelo não cumprimento das leis, normas, ordens ou determinações recebidas. Ex: Fumar em local proibido, usar instalações elétricas provisórias, etc.

IMPERÍCIA: Caracteriza-se pela inaptidão para o trabalho ou tarefa que exige os préstimos de um profissional. Ex: reparo de instalações elétricas, manipulações de produtos químicos, dirigir um carro sem saber etc.

CAUSAS MATERIAIS: são aquelas que se dão pela natureza do fenômeno que produziu o incêndio, podendo ser de natureza "física, química, biológica, secundária."

FÍSICA: são originadas através de um fenômeno físico qualquer. Ex: atrito, choque, compressão, radiação etc.

QUÍMICA: originam-se de reações químicas, sempre acompanhadas de combustão ou elevação acentuada de temperatura, sendo capaz de iniciar um incêndio. Ex: a CAL.

BIOLÓGICA: origina-se por meio de fenômeno biológico, onde intervém a ação de seres vivos inferiores, geralmente bactérias, fermentação que comumente produz a chamada "Combustão Espontânea". Ex: feno, alfafa, farelo etc.

2.1.5 Classes de incêndio:

Classe A: fogo em materiais combustíveis sólidos, que queimam tanto superficialmente quanto em profundidade, deixando resíduo. O resfriamento é o melhor método de extinção. Exemplo: papel, madeira, tecido, etc.

Classe B: fogo em líquidos ou gases inflamáveis ou sólidos que se liquefazem por ação de altas temperaturas e queimam somente em superfície sendo o abafamento o melhor método de extinção. Exemplo: fogo em gasolina, óleos querosene, etc.

Classe C: fogo em equipamentos elétricos energizados, sendo que o agente extintor ideal seria o pó químico e o gás carbônico. Exemplo: fogo em transformadores, geradores, etc.

Classe D: fogo em metais e materiais pirofônicos, sendo que o agente extintor ideal é o pó químico especial. Exemplo: fogo em zinco, alumínio, magnésio, etc.

2.2 Ação térmica

É a ação que ocorre em estruturas devido à variação de temperatura entre os componentes estruturais e os gases quentes do ambiente em chamas, provocando um aumento de temperatura nos elementos da estrutura. Este aumento de temperatura causa o surgimento de esforços adicionais ocasionados pelas deformações térmicas, assim como causa a redução de capacidade de resistência desses elementos.

Atualmente, o principal instrumento de análise de estruturas sujeitas ao fogo é a curva de incêndio-padrão estabelecida na NBR 14432(ABNT2000), por fornecer a temperatura dos gases em relação ao tempo de incêndio, tornando possível calcular a temperatura máxima atingida pelos elementos estruturais e suas correspondentes resistências a essas temperaturas.

Na Figura 4 é mostrada a evolução de um incêndio natural. Na região inicial da curva, chamada de pré-flashover, as temperaturas são baixas e o incêndio é considerado de pequenas proporções, não trazendo risco à vida humana ou à estrutura.

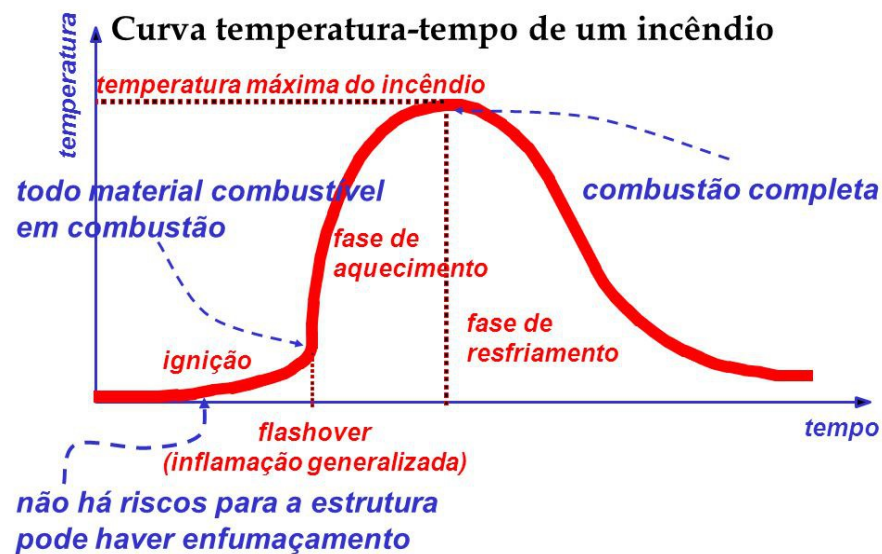


FIGURA 4: Curva de temperatura vs. tempo de um incêndio. Fonte NBR 14432

Se a estrutura atender às medidas de proteção ativa e estas demonstrarem-se eficientes não haverá necessidade de nenhuma verificação adicional nesta estrutura. O momento da curva onde aparece o aumento brusco de temperatura é denominado *flashover*, e é o instante onde o incêndio se torna generalizado, quando praticamente toda carga combustível presente no local está em ignição. A partir deste ponto, o incêndio torna-se de grandes proporções,

tomando todo o ambiente e elevando rapidamente a temperatura dos gases, que dura até a extinção de todo material combustor, iniciando, assim, uma redução gradativa da temperatura.

Segundo Dias (2015), ensaios realizados em áreas compartimentadas demonstram que essa curva depende:

- do tipo, da quantidade e distribuição da carga de incêndio ou de material combustível presente no compartimento em chamas;
- do grau de ventilação do compartimento em estudo, calculado a partir das dimensões das aberturas, como portas e janelas, para o ambiente externo;
- do tipo de material e da espessura dos elementos de vedação do compartimento. Esse modelo que procura simular o incêndio é o mais próximo possível da realidade, sendo conhecido como modelo de incêndio natural.

O cálculo de estruturas em situação de incêndio baseia-se no comportamento do incêndio em compartimentos, que é definido por três fases distintas para efeitos de cálculo: a primeira é o crescimento do incêndio; a segunda é a da combustão permanente com aumento rápido da temperatura e; a terceira a redução da temperatura, como demonstrado na Figura 4.

A primeira fase é chamada de pré-flashover e flashover sendo a de maior importância para a engenharia estrutural, pois se considera que o incêndio continue a evoluir até o ponto em que todos os materiais estejam envolvidos pelo fogo formando, assim, uma inflamação generalizada denominada flashover, que por sua vez, está associado ao fluxo de calor recebido pelos materiais que ainda não se encontrarem em combustão. Na segunda fase, denominada pós-flashover, destaca-se o rápido aumento da temperatura, tornando-se extremamente difícil extinguir ou combater o incêndio. A obtenção da relação temperatura-tempo é o principal objetivo desta etapa, pois esta é a mais relevante para a engenharia estrutural devido a alcançar valores máximos de temperatura e de danos à estrutura. A terceira fase destaca-se pela diminuição da temperatura e a extinção do fogo depois que todos os materiais combustíveis presentes no local tenham sido consumidos.

2.3 Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF)

Segundo Dias (1997), Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) é o tempo durante o qual um elemento estrutural, estando sob a ação da elevação padronizada de temperatura que define o incêndio padrão, não sofre colapso estrutural.

Portanto, pode-se presumir que resistência ao fogo é o tempo necessário para que a estrutura entre em colapso por resistência mecânica, estanqueidade ou isolamento térmico. O TRRF foi normalizado pela NBR 14432 (ABNT, 2000) tendo como definição o tempo mínimo de um elemento estrutural quando sujeito à curva de incêndio padrão. O TRRF não pode ser confundido com tempo de desocupação do edifício ou o tempo de duração do incêndio. Ele apresenta valores teóricos que poderão ser utilizados para dimensionamento das estruturas em situação de incêndio durante sua fase de projeto.

O TRRF é determinado por meio de tabelas que levam em consideração o tipo de ocupação, área, profundidade do subsolo, altura da edificação e facilidade de acesso para operações de combate a incêndios (Quadro 1). Este tempo é estabelecido em minutos (30, 60, 90 e 120). Devido a estes fatores foram estabelecidos métodos para determinação do tempo exigido de resistência ao fogo dos elementos estruturais são esses o Método Tabular e o Método de Tempo Equivalente.

Quadro 1: Tipos requeridos de resistência ao fogo (TRRF) de acordo com a NBR14432.

Grupo	Ocupação/uso	Divisão	Profundidade do subsolo		Altura da edificação					
			Classe S ₂ h _s > 10 m	Classe S ₁ h _s ≤ 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	120
B	Serviços de hospedagem	B-1 a B-2	90	60	30	60 (30)	60	90	120	120
C	Comercial varejista	C-1 a C-3	90	60	60 (30)	60 (30)	60	90	120	120
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120	120
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60 (30)	30	30	60	90	120	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	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	120
		G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60	60
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 a H-5	90	60	30	60	60	90	120	120
I	Industrial	I-1	90	60 (30)	30	30	60	90	120	120
		I-2	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120	120
J	Depósitos	J-1	90	60 (30)	30	30	30	30	60	60
		J-2	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120	120

Fonte: ABNT (2000)

2.4 Curva de Incêndio Padrão

Tendo em vista uma grande variação na curva temperatura versus tempo utilizada para determinação dos valores de TRRF, que será explicado na seção seguinte, levando em consideração até mesmo a qualidade de combustão de materiais presentes no meio em que as chamas se desenvolvem, convencionou-se adotar uma curva padronizada de temperatura versus tempo para que essa fosse utilizada como um modelo de análise experimental para estruturas e materiais isolantes térmicos em fornos de institutos de pesquisa.

Essa curva pode ser usada como curva de temperatura versus tempo dos gases, sendo que este modelo ficou conhecido como incêndio padrão. As curvas padronizadas mais recomendadas são as da International Organization for Standardization (ISO-834) e pela American Society for Testing and Materials (ASTM E-119). A curva adotada no Brasil seguindo o modelo da ISO 834. Na figura 6 é apresentada a evolução da temperatura ao longo do tempo de acordo com a ISO e o aquecimento de um incêndio real. A Figura 6 apresenta a comparação entre a proposta americana (ASTM) e a Europeia (ISO).

Porém, é muito importante ressaltar que essa curva não representa um incêndio real e as conclusões que tenham sido estabelecidas por essa curva tem que ser analisadas com muito cuidado. A principal diferença entre essa curva e o incêndio real é que a curva padrão é representada por uma curva ascendente. Portanto, admite-se que a temperatura dos gases seja sempre crescente com o tempo, independente das características do ambiente e da carga de incêndio.

De acordo com NBR 14432(ABNT:2000), o incêndio padrão pode ser definido também por elevação padronizada de temperatura em função do tempo, dada pela seguinte expressão $\theta_g = \theta_o + 345 \log (8 t + 1)$, onde:

t tempo, em minutos;

θ_o temperatura do ambiente antes do início do aquecimento, em graus Celsius, geralmente tomada igual a 20°C;

θ_g temperatura dos gases, em graus Celsius, no instante t.

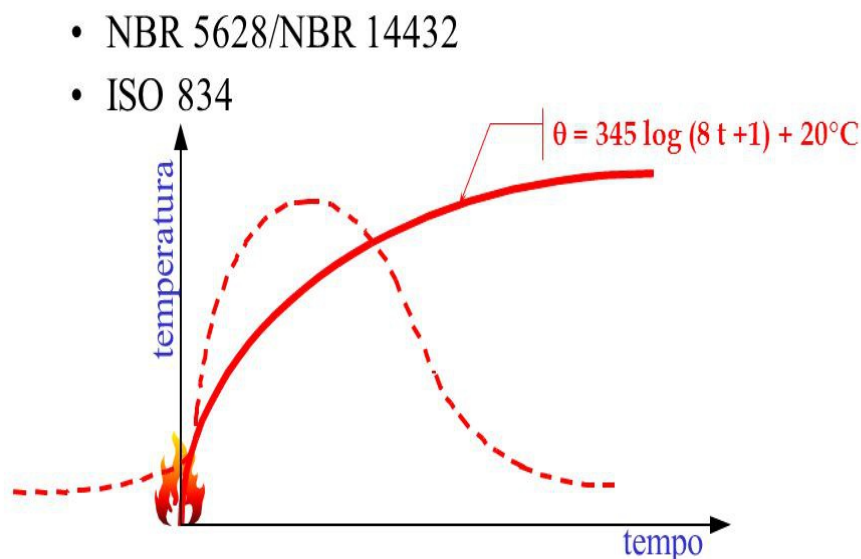


Figura 5: Comparação entre um incêndio padrão e o aquecimento real.

Fonte: NBR 14432

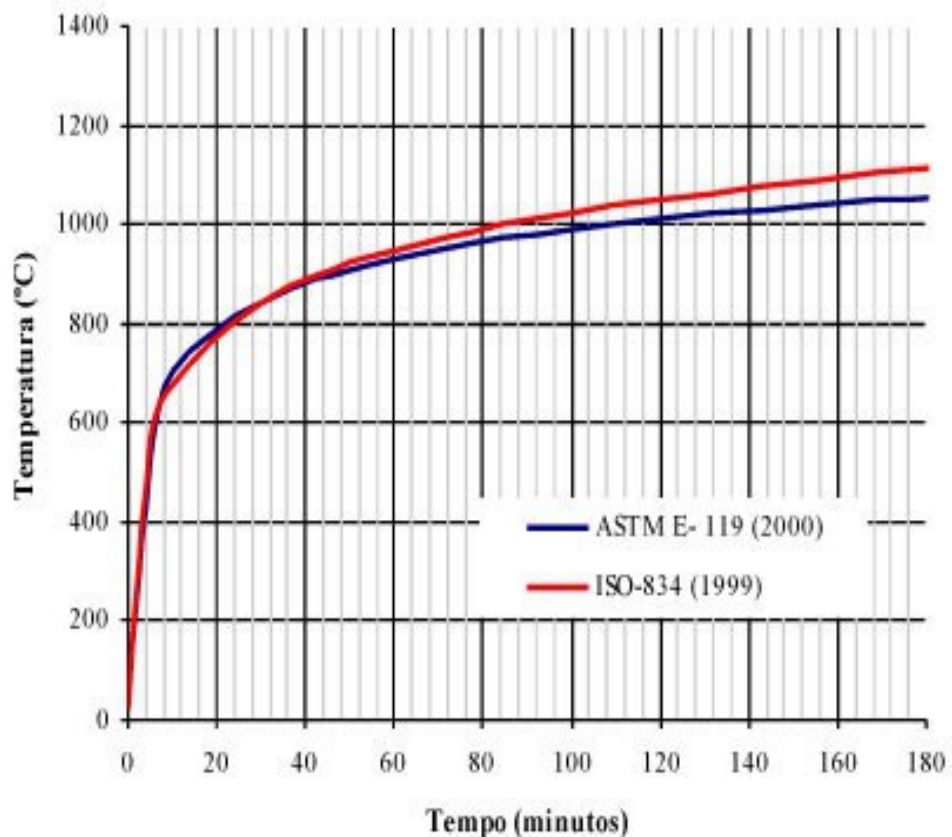


Figura 6: Curvas de incêndio padrão. Fonte: ISO-834

2.5 Método Tabular

Segundo a NBR 14323 (ABNT 2003), o método tabular consiste na utilização das tabelas B.1 a B.4 (em anexo), conforme B.2.2, B.2.3 e B.2.4, dependendo do tipo de seção transversal do pilar misto. Sendo válidas tanto para forças axiais quanto para cargas excêntricas, desde que a estrutura seja contra ventada, o incêndio esteja limitado a um andar e neste andar o pilar seja submetido à temperatura uniforme ao longo de seu comprimento e que os pilares possuam um comprimento de pelo menos 30 vezes a menor dimensão externa da seção transversal.

Ainda conforme a NBR14323-2003, para utilização do método tubular é necessário seguir os seguintes requisitos conforme apresentado na figura 7.

B.2.2.2 A armadura longitudinal do concreto deverá consistir de um mínimo de quatro barras de aço com diâmetro de 12,5 mm. Em todos os casos, os percentuais de armadura

deverão satisfazer aos limites estabelecidos em R.1.3 (anexo R) da NBR 8800. As dimensões e o espaçamento das barras dos estribos devem obedecer a NBR 6118.

B.2.2.3 Se o concreto envolvendo a seção de aço tem apenas função de isolamento térmico, os tempos requeridos de resistência ao fogo de 30 a 120 minutos podem ser atendidos com um cobrimento de concreto (c) do perfil de aço conforme a tabela B.2(em anexo). Para o tempo requerido de resistência ao fogo de 30 minutos é necessário aplicar o concreto apenas entre as mesas da seção de aço.

B.2.2.4 Quando o concreto tem apenas função de isolamento térmico, deve ser colocada em volta do perfil de aço à armadura longitudinal mínima citada em B.2.2.3, aumentada se for o caso para manter um espaçamento máximo de 250 mm entre as barras em ambas as direções. A distância do eixo das barras da armadura longitudinal à superfície externa do pilar deverá ser, no mínimo, igual a 20 mm, não devendo, no entanto, exceder 50 mm.

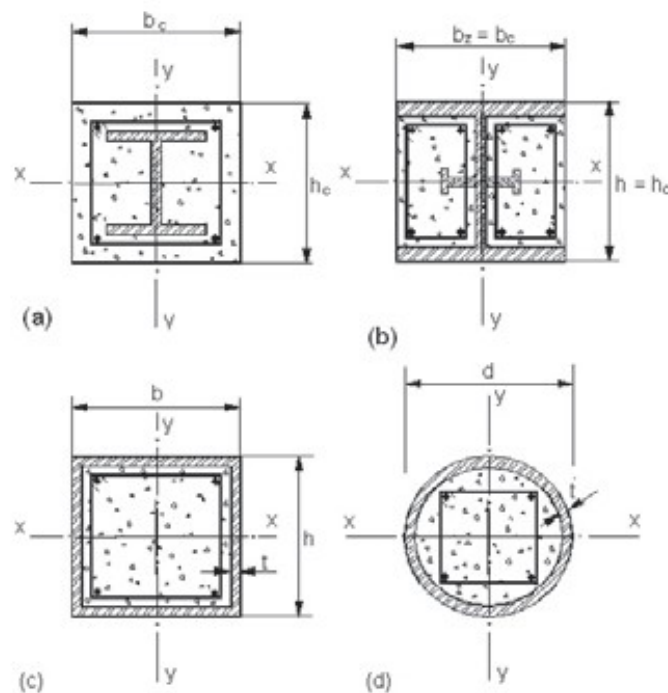


Figura 7: Tipos de seções transversais de pilares mistos. Fonte: NBR-6118

2.5.1 Método tabular para estabelecimento de valor de TRRF em estruturas

Para determinação de valor de TRRF de estruturas utilizando o método tabular deve-se levar por base tabelas em que são apresentadas algumas ocupações e altura de edificações estabelecidas por suas classes, seguidas de seus respectivos valores de TRRF.

2.5.2 Método de tempo equivalente

O método de tempo equivalente para obtenção de valores de resistência relaciona o tempo de resistência que é obtido por meio de ensaios de estruturas feito com materiais de proteção térmica de portas corta-fogo em fornos aquecidos, utilizando-se da situação real do incêndio, adotando-se a seguinte formula:

$$T_{eq} = Q_{fi} \times Y_n \times Y_s \times K \times E \times W$$

onde:

T_{eq} = tempo equivalente, em minutos

Q_{fi} = carga de incêndio, em MJ/m²

Y_n = coeficiente adimensional

K = fator determinado, em min. x m²/MJ

E = fator de correção que depende do material da estrutura

W = fator associado à ventilação do ambiente

Y_s = coeficiente de segurança que depende do risco de incêndio e das consequências do colapso da edificação.

Quadro 2: Resistência ao fogo para alvenarias. Fonte: IT 08:04.

Paredes ensaiadas (*)		Características das paredes										Resultado dos ensaios					
		Traço em volume da argamassa do assentamento			Espessura média da argamassa de assentamento (cm)	Traço em volume de argamassa de revestimento					Espessura de argamassa de revestimento (cada face) (cm)	Espessura total da parede (cm)	Duração do ensaio (min)	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (horas)			Resistência ao fogo (horas)
		Cimento	Cal	Areia		Chapisco		Emboço						Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica	
					Cimento	Areia	Cimento	Cal	Areia								
Parede de tijolos de barro cozido (dimensões nominais dos tijolos 5 cm x 10 cm x 20 cm; Massa: 1,5 kg)	Meio tijolo s/ revestimento	-	1	5	1	-	-	-	-	-	-	10	120	≥ 2	≥ 2	1½	1½
	Um tijolo sem revestimento	-	1	5	1	-	-	-	-	-	-	20	395 (**)	≥ 6	≥ 6	≥ 6	≥ 6
	Meio - tijolo com revestimento	-	1	5	1	1	3	1	2	9	2,5	15	300	≥ 4	≥ 4	4	4
	Um tijolo com revestimento	-	1	5	1	1	3	1	2	9	2,5	25	300 (**)	≥ 6	≥ 6	≥ 5	> 6
Parede de blocos vazados de concreto (2 furos) (blocos com dimensões nominais: 14 cm x 19 cm x 39 cm e 19 cm x 19 cm x 39 cm; e massas de 13 kg e 17 kg respectivamente)	Bloco de 14 cm sem revestimento	1	1	8	1	-	-	-	-	-	-	14	100	≥ 1½	≥ 1½	1½	1½
	Bloco de 19 cm sem revestimento	1	1	8	1	-	-	-	-	-	-	19	120	≥ 2	≥ 2	1½	1½
	Bloco de 14 cm com revestimento	1	1	8	1	1	3	1	2	9	1,5	17	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	Bloco de 19 cm com revestimento	1	1	8	1	1	3	1	2	9	1,5	22	185	≥ 3	≥ 3	3	3
Paredes de tijolos cerâmicos de 8 furos (dimensões nominais dos tijolos 10 cm x 20 cm x 20 cm (massa 2,9 Kg))	Meio - tijolo com revestimento	-	1	4	1	1	3	1	2	9	1,5	13	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	Um tijolo com revestimento	-	1	4	1	1	3	1	2	9	1,5	23	300 (**)	≥ 4	≥ 4	≥ 4	> 4
Paredes de concreto armado monolítico sem revestimento	Traço do concreto em volume, 1 cimento: 2,5 areia média: 3,5 agregado gaúcho (granizo pedra nº 3): armadura simples posicionada à meia espessura das paredes, possuindo malha de lados 15 cm, de aço CA-50A diâmetro ¼ polegada											11,5	150	2	2	1	1½
												16	210	3	3	3	3

(*) Paredes sem função estrutural ensaiadas totalmente vinculadas dentro da estrutura de concreto armado, com dimensões 2,8m x 2,8m totalmente expostas ao fogo (em uma face)

(**) Ensaio encerrado sem ocorrência de falência em nenhum dos três critérios de avaliação.

NPT 008 – RESISTÊNCIA AO FOGO DOS ELEMENTOS DE CONSTRUÇÕES

3 Definição de defesa contra incêndio ativa e passiva

3.1 Proteção Passiva Contra Incêndio – PPCI

A proteção passiva pode ser entendida como o conjunto de medidas de prevenção e controle do surgimento, do crescimento e da propagação do incêndio, sendo um sistema que visa a não propagação e o retardamento máximo do incêndio na estrutura, facilitando, assim, os trabalhos de combate ao incêndio que poderão ser realizados sem comprometer toda a

estrutura da edificação, e a evacuação de pessoas em tempo hábil e reduzindo o impacto financeiro causado pelo incêndio. Resumindo, a proteção passiva contra incêndios tem como principal função compartimentar o foco do incêndio.

Utilizando-se de um sistema conhecido como *Fire-stop*, a proteção ativa tem como principais elementos portas corta-fogo, pintura antichamas em cabos e bandejas elétricas (cable coating), selagem de passagens em paredes e tetos de cabos, eletrodutos e tubulações (PVC, ferro fundido e outras), entre outras barreiras corta-fogo.

3.2 Proteção Ativa Contra Incêndio – PACI

A proteção ativa tem como objetivo combater imediatamente um incêndio já iniciado evitando a propagação do mesmo. É um tipo de proteção mais familiar as pessoas por ser utilizada com maior difusão em diversas localidades como shoppings prédios comerciais e residências, sendo composta por extintores, hidrantes, sprinklers, alarmes de incêndio, sistema fixo de: espuma, gás carbônico (CO₂), pó para extinção de incêndio, água nebulizada, gases especiais.

Atuando em conjunto com esses sistemas ainda existe o sistema de sinalização com a indicação de saídas de emergência, iluminação de emergência e demarcação de rotas de fuga e de localização de agentes extintores. Os projetos de proteção ativa são realizados de acordo com as normas do corpo de bombeiro militar e devem ser aprovadas pelo mesmo.

4. Método Teórico

O método de tempo equivalente utilizado para demonstração de cálculo relacionara o tempo de resistência de estruturas e matérias com base em valores obtidos por estudos de materiais de proteção térmica em fornos aquecidos segundo as curvas padronizadas em relação com a situação real de um incêndio seguindo por base a formula:

$$T_{eq} = q_{fi} \times Y_n \times Y_s \times K \times E \times W$$

Onde:

T_{eq} = tempo equivalente em minutos.

q_{fi} = carga de incêndio em MJ/m².

y_n = coeficiente adimensional (quadro 6).

y_s = coeficiente de segurança relacionado ao risco de incêndio e das consequências do colapso da edificação (quadro 3 e 4).

K = fator determinado em minutos \times m²/MJ (quadro 5).

E = fator de correção que depende do material da estrutura (quadro 7).

W = fator relacionado a ventilação do ambiente.

$$W = W = \left(\frac{6}{h_c}\right)^{0,3} \times \left\{ \frac{0,62 + 90 \times \left(0,4 - \frac{A_v}{A_p}\right)^4}{1 + 12,5 \times \left(1 + 10 \times \frac{A_v}{A_p}\right) \times \frac{A_h}{A_p}} \right\} \geq 0,5$$

Onde:

H_c = altura compartimento em metros.

A_v = área total de ventilação/abertura vertical em m².

A_h = área total de ventilação/abertura horizontal em m².

A_p = área total de piso do compartimento em m².

Cujos valores relativos de H_c , A_v , A_h e A_p são obtidos por meio de valores fornecidos em projeto.

Quadro 3: Características da edificação.

Características da edificação							
Área do compartimento em m ²	Altura da edificação (m)						
	Baixa	H<6	6<H≤12	12 <H ≤23	23 <H ≤30	30 < H ≤ 80	H > 80
≤ 750	1,00	1,00	1,10	1,20	1,25	1,45	1,60
≤ 1000	1,05	1,10	1,15	1,25	1,35	1,65	1,85
≤ 2500	1,10	1,25	1,40	1,70	1,85	2,60	3,00
≤ 5000	1,15	1,45	1,75	2,35	2,65	3,00	3,00
≤ 7500	1,25	1,70	2,15	3,00	3,00	3,00	3,00
≤ 10000	1,30	1,90	2,50	3,00	3,00	3,00	3,00
≤ 20000	1,60	2,80	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
≥ 65000	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Fonte: Dias (1997)

Quadro 4: Risco de ativação do incêndio.

Ocupação	Risco	Valor de Y _s
Escola, galeria de arte, igreja, museu	Pequeno	0,85
Biblioteca, cinema, consultório, oficina, farmácia, Hotel, restaurante, residência, teatro, frigorífico, indústria Papel, oficina elétrica e mecânica, depósito em geral.	Médio	1,0
Hangar, indústria mecânica	Médio	1,2
Laboratório químico, oficina de pintura	Alto	1,5

Fonte: Dias (1997)

Quadro 5: Fatores de K.

Fator do elemento de compartimentação (b)	K (Minuto x m ² /MJ)
$b = \sqrt{p x c x \lambda} > 2500$	0,040
$720 \leq b = \sqrt{p x c x \lambda} \leq 2500$	0,055
$b = \sqrt{p x c x \lambda}$	0,070

Fonte: Dias (1997)

Quadro 6: Fatores de medidas de segurança contra incêndio.

Existência de (Y_{n1}) (Y_{n2}) (Y_{n3})			
Chuveiros automáticos (Y_{n1})	Brigada contra incêndios (Y_{n2})		Detecção automática (Y_{n3})
0,6	Não profissional	Profissional	0,9
	0,9	0,6	

Obs: Na ausência de algum meio de proteção, adota-se o respectivo Y_n igual a 1,00

Fonte: Dias (1997)

Quadro 7: Valores de E.

Material da estrutura	Fator E
Concreto armado	1,0
Aço revestido termicamente	1,0
Aço sem revestimento térmico	$13,7 \times V$

Fonte: Dias (1997)

Quadro 8: Cargas de incêndio específicas por ocupação.

Ocupação /uso	Carga de incêndio (q_n) (MJ/m ²)
Centros esportivos e de exibição	150
Clinicas, consultórios médicos ou odontológicos.	200
Hospitais, restaurantes, museus, escolas, postos de abastecimento	300
Apartamentos, casas, alojamentos, pensionatos, academias de ginastica	300
Serviço de processamento de dados	400
Hotéis, motéis, apart-hotéis	500
Cinemas, teatros, clubes, danceterias e similares	600
Escritórios	700
Lojas de departamento, centros de compra	800
Bibliotecas	2000

Fonte: Dias (1997)

Quadro 9: TRRF-tempos requeridos de resistência ao fogo para elementos estruturais- em minutos.

Grupo	Ocupação/ Uso	Profundidade do subsolo		Altura da edificação				
		Classe S2	Classe S1	Classe P1	Classe P2	Classe P3	Classe P4	Classe P5
		H>10m	H≤10m	≤ 6m	6m<H≤12m	12m<H≤23m	23m<H≤30m	H>30m
A	Residencial	90	60	30	30	60	90	20
B	Serviço de hospedagem	90	60	30	60	60	90	20
C	Comercial varejista	90	60	60	60	60	90	20
D	Serviços Profissionais e técnicos	90	60	30	60	60	90	20
E	Educacional e cultura física	90	60	30	30	60	90	20
F	Locais de reunião Pública	90	60	60	60	60	90	20
H	Serviço de saúde e institucionais	90	60	30	60	60	90	20

Fonte: Dias (1997)

Para demonstrar a influência do fator de ocupação sobre o valor de tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) sobre uma estrutura será realizado o cálculo de uma estrutura por meio do método de tempo equivalente com duas ocupações diferentes mantendo as mesmas propriedades físicas e estruturais do projeto supondo a edificação com oito pavimentos sendo eles subsolo, térreo, e 6 pavimentos tipo, com distância de piso a piso de 3,55 m e área de pavimento de 648 m², e a cobertura constituída apenas por lajes e telhas não havendo permanência de pessoas no local.

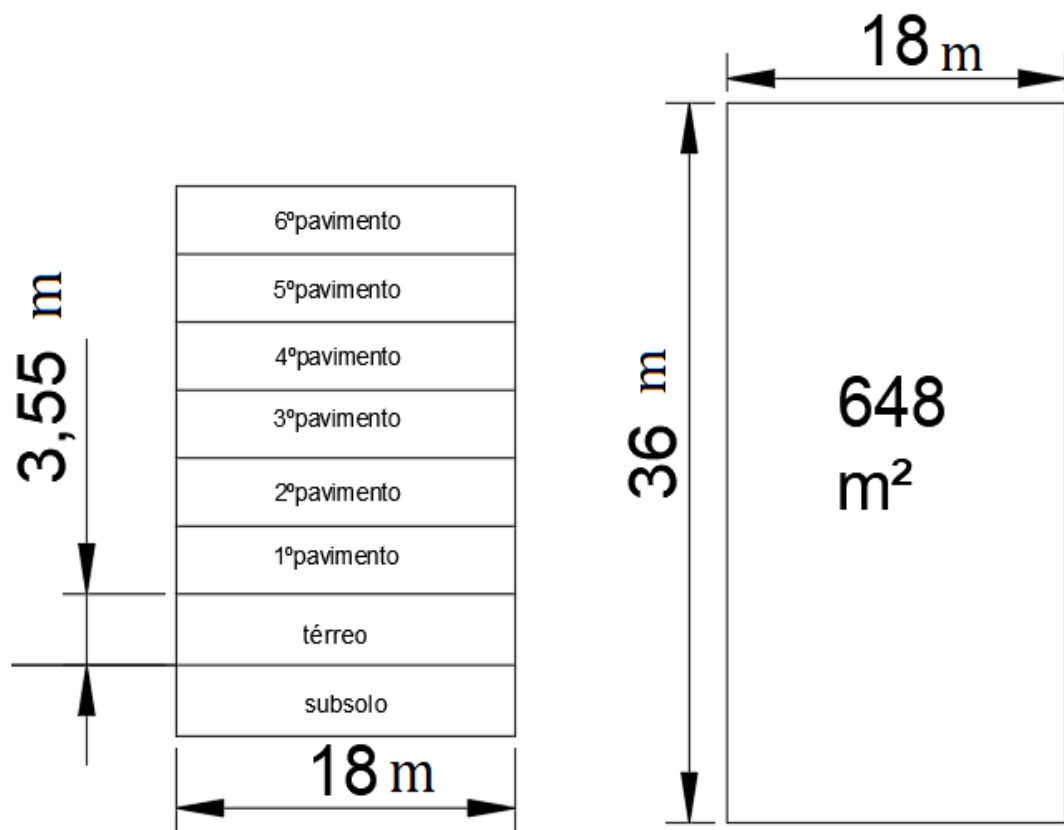


Figura 8: Projeto para cálculo. Fonte: autoria própria

Primeiro caso: laboratório de análise médica.

Primeiramente, foi analisado o valor de TRRF obtido no quadro de tempos requeridos de resistência ao fogo para elementos estruturais (Quadro 9) em linhas de serviço de saúde e institucionais, levando em consideração que para a altura de 21,3 m, obteve-se o valor de resistência de 60 minutos tanto para a estrutura quanto para o subsolo.

Para determinar o valor de TRRF dos elementos estruturais que auxiliarão no combate ao incêndio, como materiais de proteção térmica, portas corta-fogo, etc., foi adotada, por meio de tabelas, os seguintes valores:

$Y_n \rightarrow$ coeficiente adimensional: admitindo-se que $Y_{n1} = 1,0$ $Y_{n2} = 0,6$ $Y_{n3} = 0,9$

$$Y_n = (Y_{n1} \times Y_{n2} \times Y_{n3})$$

$$Y_n = (1,0 \times 0,6 \times 0,9)$$

$$Y_n = 0,54$$

$Y_s \rightarrow$ coeficiente de segurança que depende diretamente do risco de incêndio em relação das consequências do colapso da edificação

$$Y_s = (Y_{s1} \times Y_{s2})$$

$$Y_s = (1,25 \times 1,5)$$

$$Y_s = 1,87$$

$$Y_{s1} = 1,25$$

$$Y_{s2} = 1,5$$

$K \rightarrow$ foi adotado para as duas estruturas o valor de $0,055 \text{ min} \times \text{m}^2 / \text{MJ}$

$E \rightarrow$ fator de correção que depende do material da estrutura (concreto armado)

$$E = 1,0$$

$A_v \rightarrow$ área total de ventilação / abertura vertical:

$$A_v = 2,0 \times 6,0 \times 11 = 132 \text{ m}^2$$

$A_h \rightarrow$ é área total de ventilação/ abertura horizontal:

$$A_h = 0,00 \text{ m}^2$$

$A_p =$ área total de piso do compartimento:

$$A_p = 18 \times 36 = 648 \text{ m}^2$$

$H_c =$ altura compartimento:

$$H_c = 3,40 \text{ m}$$

$W \rightarrow$ fator associado a ventilação do ambiente:

$$W = \left(\frac{6}{h_c}\right)^{0,3} \times \left\{ \frac{0,62 + 90 \times \left(0,4 - \frac{A_v}{A_p}\right)^4}{1 + 12,5 \times \left(1 + 10 \times \frac{A_v}{A_p}\right) \times \frac{A_h}{A_p}} \right\} \geq 0,5$$

$$W = \left(\frac{6}{3,40}\right)^{0,3} \times \left\{ \frac{0,62 + 90 \times \left(0,4 - \frac{132}{648}\right)^4}{1 + 12,5 \times \left(1 + 10 \times \frac{132}{648}\right) \times \frac{0}{648}} \right\} \geq 0,5$$

$$W = 1,1858 \times \frac{0,75362}{1} \geq 0,5$$

$$W = 0,89 \geq 0,5$$

$$T_{eq} = q_{fi} \times Y_n \times Y_s \times K \times E \times W$$

Para valor de q_{fi} adotou-se o mesmo utilizado em hospitais disponível no Quadro 6.

Portanto,

$$T_{eq} = 300 \times 0,54 \times 1,87 \times 0,055 \times 1,0 \times 0,89 \rightarrow T_{eq} = 14,8 \text{ minutos.}$$

Segundo caso: Prédio comercial ou varejista

Primeiramente foi analisado o valor de TRRF obtido no quadro de tempos requeridos de resistência ao fogo para elementos estruturais (Quadro 9) em grupo C comercial e varejista, levando em consideração que para a altura de 21,3 m obtemos o valor de resistência de 60 minutos tanto para a estrutura quanto para o subsolo.

Para determinar o valor de TRRF dos elementos estruturais que auxiliarão no combate ao incêndio, como materiais de proteção térmica, portas corta-fogo, etc., foram adotados por meio de tabelas os seguintes valores para o segundo caso:

$Y_n \rightarrow$ coeficiente adimensional: admitindo-se que $Y_{n1} = 1,0$ $Y_{n2} = 0,6$ $Y_{n3} = 0,9$

$$Y_n = (Y_{n1} \times Y_{n2} \times Y_{n3})$$

$$Y_n = (1,0 \times 0,6 \times 0,9)$$

$$Y_n = 0,54$$

$Y_s \rightarrow$ coeficiente de segurança que depende diretamente do risco de incêndio em relação das consequências do colapso da edificação

$$Y_s = (Y_{s1} \times Y_{s2})$$

$$Y_s = (1,25 \times 1,0)$$

$$Y_s = 1,25$$

$K \rightarrow$ foi adotado para as duas estruturas o valor de $0,055 \text{ min} \times \text{m}^2 / \text{MJ}$

$E =$ fator de correção que depende do material da estrutura (concreto armado)

$$E = 1,0$$

$A_v \rightarrow$ área total de ventilação / abertura vertical:

$$A_v = 2,0 \times 6,0 \times 11 = 132 \text{ m}^2$$

$A_h =$ área total de ventilação/ abertura horizontal:

$$A_h = 0,00 \text{ m}^2$$

$A_p \rightarrow$ área total de piso do compartimento:

$$A_p = 18 \times 36 = 648 \text{ m}^2$$

$H_c =$ altura compartimento:

$$H_c = 3,40 \text{ m}$$

$W \rightarrow$ fator associado à ventilação do ambiente:

$$W = \left(\frac{6}{h_c}\right)^{0,3} \times \left\{ \frac{0,62 + 90 \times \left(0,4 - \frac{A_v}{A_p}\right)^4}{1 + 12,5 \times \left(1 + 10 \times \frac{A_v}{A_p}\right) \times \frac{A_h}{A_p}} \right\} \geq 0,5$$

$$W = \left(\frac{6}{3,40}\right)^{0,3} \times \left\{ \frac{0,62 + 90 \times \left(0,4 - \frac{132}{648}\right)^4}{1 + 12,5 \times \left(1 + 10 \times \frac{132}{648}\right) \times \frac{0}{648}} \right\} \geq 0,5$$

$$W = 1,1858 \times \frac{0,75362}{1} \geq 0,5 \rightarrow W = 0,89 \geq 0,5$$

$$T_{eq} = q_{fi} \times Y_n \times Y_s \times K \times E \times W$$

Para valor de q_{fi} adotou-se o mesmo utilizado em lojas departamentos e centros de compras;

Portanto,

$$T_{eq} = 800 \times 0,54 \times 1,87 \times 0,055 \times 1,0 \times 0,89$$

$$T_{eq} = 39,5 \text{ minutos.}$$

Para melhor demonstração de valores obtidos por meio de cálculo pode-se observar através da (Tabela 1) valores comparativos entre as duas estruturas levando em consideração a mudança apenas nos valores relacionados a ocupação.

Tabela 1: Valores comparativos obtidos por meio dos cálculos.

1º caso: laboratório de análise médica	2º caso: Prédio comercial ou varejista
$Y_n = 0,54$	$Y_n = 0,54$
$Y_s = 1,87$	$Y_s = 1,25$
$K = 0,055 \text{ min} \times \text{m}^2 / \text{MJ}$	$K = 0,055 \text{ min} \times \text{m}^2 / \text{MJ}$
$E = 1,0$	$E = 1,0$
$A_v = 132 \text{ m}^2$	$A_v = 132 \text{ m}^2$
$A_h = 0,00 \text{ m}^2$	$A_h = 0,00 \text{ m}^2$
$A_p = 648 \text{ m}^2$	$A_p = 648 \text{ m}^2$
$H_c = 3,40 \text{ m}$	$H_c = 3,40 \text{ m}$
$W = 0,89 \geq 0,5$	$W = 0,89 \geq 0,5$
$Q_{fi} = 300 \text{ (MJ/m}^2\text{)}$	$Q_{fi} = 800 \text{ (MJ/m}^2\text{)}$
$T_{eq} = 14,8 \text{ minutos.}$	$T_{eq} = 39,5 \text{ minutos.}$
$T_{eq}(\text{estrutura}) = 60 \text{ minutos}$	$T_{eq}(\text{estrutura}) = 60 \text{ minutos.}$
$T_{eq}(\text{final}) = 74,8 \text{ minutos.}$	$T_{eq}(\text{final}) = 99,5 \text{ minutos.}$

Fonte: autoria própria

5 Conclusão

Por meio do cálculo realizado alterando apenas o fator de ocupação (q_{fi}) da fórmula e mantendo todas as características físicas da obra em questão inalteradas, podemos observar uma acentuada variação de valor do respectivo TRRF. Com base nesse cálculo conclui-se que a necessidade de se realizar um estudo de incêndio em uma estrutura levando em consideração fatores como ocupação e materiais que serão utilizados na construção, pode trazer um grande aumento no fator de segurança em caso de acidentes deste tipo.

Conclui-se também, que fiscalizações de bombeiros em edificações que, por ventura, venham a mudar o tipo de ocupação são de extrema importância para sua adequação uma vez que a estrutura pode não conseguir suportar essa mudança trazendo riscos a quem dela utiliza.

Os valores determinados em tabela pelo corpo de bombeiros apresentados na IT 08:04 levam em consideração todo material presente na ocupação, que pode variar desde a comburentes como papelão e plásticos, em caso de lojas e centros comerciais até componentes tóxicos, como materiais de limpeza e agentes químicos inflamáveis em caso de laboratórios e fábricas. Portanto, ao alterar-se a ocupação da estrutura faz-se necessário de um novo estudo e uma nova fiscalização, a fim de garantir a segurança da estrutura e dos seus ocupantes em situação de incêndio.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. 14323: 1999. Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio. Rio de Janeiro.

____ NBR. 14432: 2000. Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos de Edificações. Rio de Janeiro.

____ NBR. 8800: 2008. Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro. 2008.

____ NBR 13860: Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro, 1997.

____ NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto—Procedimento. *Rio de Janeiro*, 2007.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Instrução Técnica 08/04 – Segurança estrutural nas Edificações (Resistência ao Fogo dos Elementos da Construção). São Paulo, 2004.

Dias, Luís Andrade de Matos. Estrutura de aço: conceito, técnicas e linguagem—São Paulo: Zigurate Editora, 1997.

EMERGÊNCIA, BOMBEIROS. Disponível em <<http://www.bombeirosemergencia.com.br>>. Acesso em, v. 1, 23/06/2016.

GOMIDE, KLEBER APARECIDO. UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO—USF CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS ENGENHARIA CIVIL. 2005.

<http://www.bombeirosemergencia.com.br/fogodefinciao1.html>, acesso 22/06/16)

ISO 834 (1999)-1, 1999, Fire-Resistance Tests - Elements of Building Construction, Part 1: General Requirements, ISO – International Organization for Standardization, Geneva.

OS MAIORES INCENDIOS DO BRASIL ANTES DE SANTA MARIA. Disponível em <http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/os-maiores-incendios-no-brasil>. Acesso em: 25/06/16.

REBOLEDO, ALEXANDRE; SILVA, PAULO ROGÉRIO VEIGA; CORDEIRO, TATIANE ARAÚJO. Análise comportamental das cargas de incêndio em estruturas.

Anexos

Tabela B.1 - Dimensões mínimas da seção transversal, cobrimento mínimo de concreto da seção de aço e distâncias mínimas dos eixos das barras da armadura à face do concreto

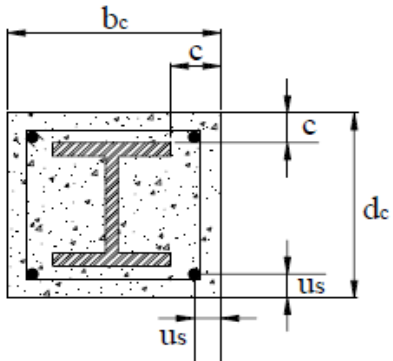
		Tempo requerido de resistência ao fogo (min)			
		30	60	90	120
1.1	Dimensões mínimas de d_c e b_c (mm)	150	180	220	300
1.2	Cobrimento mínimo de concreto para a seção de aço estrutural c (mm)	40	50	50	75
1.3	Distância mínima da face ao eixo das barras da armadura u_s (mm) ou	20	30	30	40
2.1	Dimensões mínimas de d_c e b_c (mm)	-	200	250	350
2.2	Cobrimento mínimo de concreto para a seção de aço estrutural c (mm)	-	40	40	50
2.3	Distância mínima da face ao eixo das barras da armadura u_s (mm)	-	20	20	30

Tabela B.2 - Cobrimento de concreto com função apenas de isolamento térmico

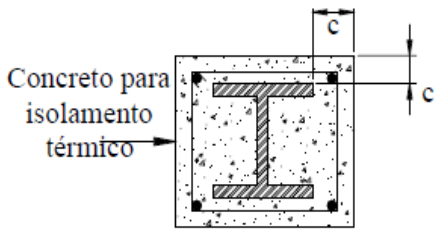
		Tempo requerido de resistência ao fogo (min)			
		30	60	90	120
Cobrimento de concreto c (mm)		0	25	30	40

Tabela B.3 - Dimensões mínimas da seção transversal, distâncias mínimas dos eixos das barras da armadura à face do concreto e taxas t_w/t_f

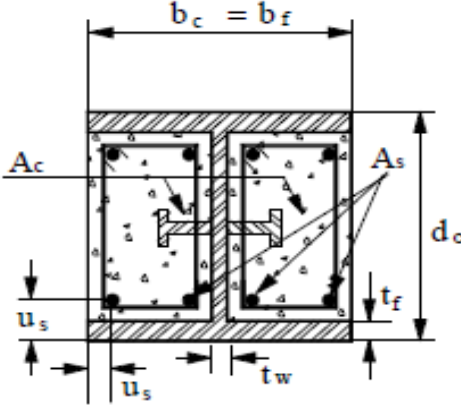
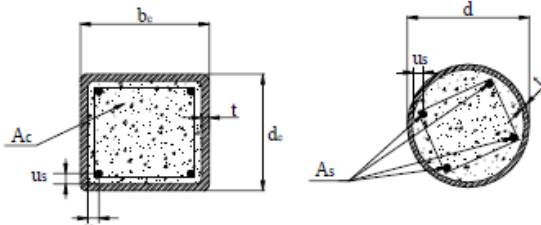
		Tempo requerido de resistência ao fogo			
		(minuto)			
		30	60	90	120
1	Dimensões mínimas da seção transversal para o nível de carga $\eta_{\bar{f}} \leq 0,3$				
1.1	Dimensões mínimas de d_c e b_c (mm)	160	260	300	300
1.2	Distância mínima da face ao eixo das barras da armadura u_s (mm)	40	40	50	60
1.3	Relação mínima entre as espessuras da alma e da mesa t_w/t_f	0,6	0,5	0,5	0,7
2	Dimensões mínimas da seção transversal para o nível de carga $\eta_{\bar{f}} \leq 0,5$				
2.1	Dimensões mínimas de d_c e b_c (mm)	200	300	300	-
2.2	Distância mínima da face ao eixo das barras da armadura u_s (mm)	35	40	50	-
2.3	Relação mínima entre as espessuras da alma e da mesa t_w/t_f	0,6	0,6	0,7	-
3	Dimensões mínimas da seção transversal para o nível de carga $\eta_{\bar{f}} \leq 0,7$				
3.1	Dimensões mínimas de d_c e b_c (mm)	250	300	-	-
3.2	Distância mínima da face ao eixo das barras da armadura u_s (mm)	30	40	-	-
3.3	Relação mínima entre as espessuras da alma e da mesa t_w/t_f	0,6	0,7	-	-

Tabela B.4 - Dimensões mínimas da seção transversal, taxas mínimas de armadura e distâncias mínimas entre os eixos das barras da armadura à face do perfil.

		Tempo requerido de resistência ao fogo (min)			
		30	60	90	120
Seção de aço: $(b_c/t) \geq 25$ e $(d_c/t) \geq 25$ ou $(d/t) \geq 25$					
1	Dimensões mínimas da seção transversal para o nível de carga $\eta_{\text{ff}} \leq 0,3$				
1.1	Dimensões mínimas de d_c e b_c ou diâmetro mínimo d (mm)	160	200	220	260
1.2	Taxa mínima da armadura $A_s / (A_c + A_s)$ em %	0	1,5	3,0	6,0
1.3	Distância mínima da face ao eixo das barras da armadura u_s (mm)	-	30	40	50
2	Dimensões mínimas da seção transversal para o nível de carga $\eta_{\text{ff}} \leq 0,5$				
2.1	Dimensões mínimas de d_c e b_c ou diâmetro mínimo d (mm)	260	260	400	450
2.2	Taxa mínima da armadura $A_s / (A_c + A_s)$ em %	0	3,0	6,0	6,0
2.3	Distância mínima da face ao eixo das barras da armadura u_s (mm)	-	30	40	50
3	Dimensões mínimas da seção transversal para o nível de carga $\eta_{\text{ff}} \leq 0,7$				
3.1	Dimensões mínimas de d_c e b_c ou diâmetro mínimo d (mm)	260	450	550	-
3.2	Taxa mínima da armadura $A_s / (A_c + A_s)$ em %	3,0	6,0	6,0	-
3.3	Distância mínima da face ao eixo das barras da armadura u_s (mm)	25	30	40	-