

---

# ESTUDO COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE CÁLCULO DA TAXA DE CALOR LIBERADA E CARGA DE INCÊNDIO DOS MATERIAIS

João Carlos da Silva Moroski, joamoroski@hotmail.com

Orientador(a): Ana Claudia Dal Prá Vasata, ana.vasata@unidep.edu.br;

Coorientador (a): Marcio A. Ferreira Mendes, marcio@chamatex.com

Artigo científico da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do 10º período do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Pato Branco – UNIDEP, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

---

## RESUMO

Percebe-se que as normas de segurança contra incêndios no Brasil são genéricas e desatualizadas em relação ao contexto internacional logo, esse trabalho tem como objetivo apresentar uma abordagem com maior relevância para a área de segurança contra incêndios. Dessa forma foi realizado pesquisas dentro de conceitos internacionais para verificar os métodos utilizados quando elaborado um projeto de prevenção de incêndio. Chegou-se aos conceitos de taxa de calor liberada, utilizada para projetos de prevenção em um contexto internacional, e carga de incêndio, adotada no Brasil para dimensionar os equipamentos de proteção contra incêndio. Deste modo esse trabalho mostrou a diferença entre os dois conceitos através de cálculos, normas e artigos científicos. Para os resultados foram analisados através do livro Barbraukas e Kransny (1895) e NPT 14 (2018) uma relação entre a taxa de perda de massa e o calor de combustão, o que resultou na taxa de calor liberada, também foram analisados as curvas de HRR, taxa de crescimento do fogo, tempo de crescimento, fator de crescimento e máxima liberação de energia de um sofá de espuma, pilha de paletes e poltrona de descanso. Onde resultou que o sofá de espuma tem uma maior taxa de crescimento do fogo com alcance de 1055 kW em 77,96 segundos e a pilha de paletes e a poltrona de descanso atingiram a taxa de crescimento média, porém máxima liberação de energia, com 3600 kW e 700 kW.

**Palavras-chave:** Taxa de calor liberada; carga de incêndio; tenabilidade.

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento populacional ocorrido no Brasil nos últimos anos, houve um aumento da concentração de pessoas em um mesmo ambiente. Com isso, as edificações passaram a adotar medidas de proteção contra incêndio, dessa forma nos últimos 20 anos houve uma diminuição nos números de incêndios, e isso só foi possível por investimento e melhoria na fase de projeto (DRYSDALE, 2011).

Apesar de não termos estatísticas validadas em todo o Brasil, porém baseado no Instituto Sprinkler Brasil 2019, temos altos números.

Em 2019, foram contabilizadas 866 ocorrências de incêndio estruturais noticiadas pela imprensa. Dentre as diferentes categorias de estruturas, a que registrou o maior número de notícias na imprensa foram os estabelecimentos comerciais (lojas, *shopping centers* e supermercados), com 215 registros, seguida por depósito, com 187 reportes.

Um dos inúmeros incêndios que se pode citar é o acontecido no Centro de Treinamento do Flamengo na data de 8 de fevereiro de 2019, onde deixou 10 mortos, pois os atletas estavam dormindo e não tiveram conhecimento do fogo a tempo de escapar. Essa tragédia poderia ser evitada se instalado um pequeno detector de incêndio, onde seria acionado o alarme enquanto as chamas eram pequenas (FERREIRA, 2019). Também segundo Ferreira (2019) “O principal motivo e causa de inúmeros incêndios hoje em dia, resumindo, está na fraca melhoria em estrutura e normatização com inteligência em nível de projeto”.

Isso significa que os projetos não estão sanando a obrigação de prevenir incêndios e inúmeras edificações podem estar desprotegidas no Brasil, visto que os profissionais da área de segurança contra incêndio adotam apenas os métodos tradicionais para elaboração de projetos, com o propósito único de atender normas e códigos do Corpo de Bombeiros. Porém, para concepção de projetos mais eficientes os critérios adotados devem ser mais aprofundados, como a compreensão da dinâmica do fogo, o entendimento minucioso do fogo em suas diversas fases, sua propagação e principalmente sobre a taxa de calor liberada (FERREIRA, 2017).

Com isso, as normas brasileiras de prevenção de incêndio podem ser complementadas, como por exemplo, adotando critérios de estudos aprofundados sobre a prevenção de incêndio em artigos científicos, livros e normas americanas,

como a *National Fire Protection Association – NFPA*. Segundo Ferreira (2017, p.7) “podemos falar que somos ainda um país bem atrasado em relação à segurança contra incêndios, hoje o que há de mais avançado no mundo sobre a proteção de incêndios está no contexto da organização internacional NFPA”. Dessa forma, a adoção de medidas mais criteriosas proporcionará maior segurança nas edificações e redução no número de ocorrências de incêndios.

Além disso quando se trata da adoção de critérios estabelecidos pela NFPA na América do Sul, temos vários países que baseiam seus códigos de prevenção de incêndio, como, Argentina, Peru, Colômbia e Venezuela mostrado na figura 1.

**Figura 1** - Países que se baseiam na NFPA



**Fonte** - Ferreira (2017, p.7)

O Brasil passa por um quadro desatualizado devido alguns pontos que diferenciam dos países desenvolvidos como a adoção de conhecimento internacional, cursos na área, um código nacional, certificação de produtos e estatísticas nacionais precisas.

Dessa forma esse trabalho buscou conceitos da taxa de calor liberada e fez uma comparação com carga de incêndio, e mostrou um parâmetro com maior relevância para embasamentos de profissionais da área de segurança contra incêndios, e também uma nova abordagem para normas brasileiras, através do Projeto Baseado em Desempenho – PBD, ou seja, trouxe uma reflexão de uma metodologia que deve ser expandida nos códigos de prevenção de incêndio do Brasil, de modo que traga informação para profissionais da área que tenham dificuldades em

aprovar seu projeto, pois as formas de projetar já estão complexas e não podem mais ser feitas através dos códigos brasileiros (SEITO *et al.*, 2008).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo foram estudados alguns conceitos básicos sobre o comportamento do fogo em um sinistro, tenabilidade e Projeto Baseado em Desempenho - PBD. Também foram tratadas as definições de taxa de calor liberada, abordada pela NFPA 72 - Manual do Código Nacional de Alarmes e Sinalização de Incêndio, edição 2016, e carga de incêndio, conforme a Norma de Procedimento Técnico (NPT) 14 – Carga de Incêndio nas Edificações e Áreas de Risco, do Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná, de outubro de 2018.

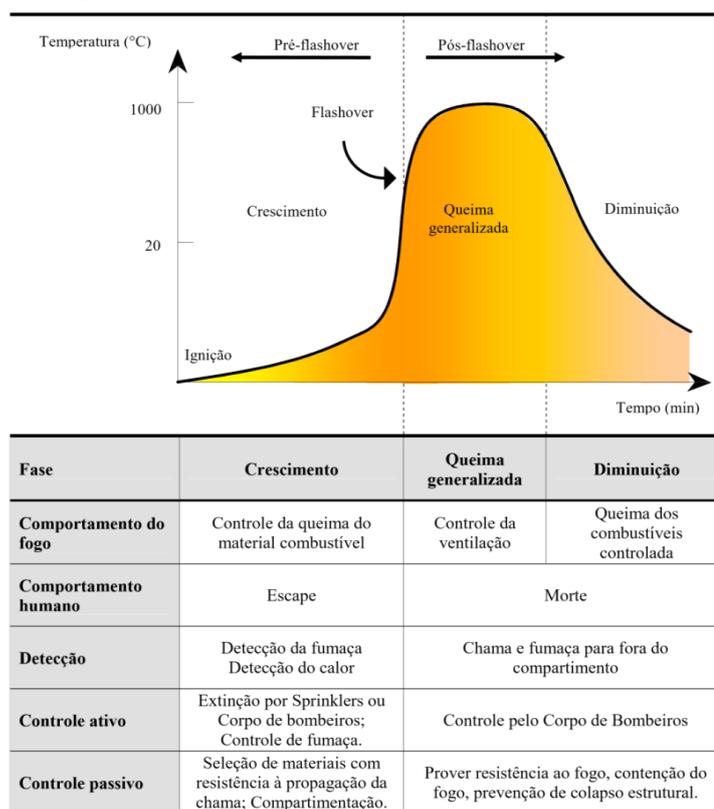
### 2.1 Fases do Incêndio

O incêndio ocorre em três fases. Na primeira o fogo tem um crescimento lento até chegar à ignição (SEITO *et al.*, 2008).

Na fase de crescimento, que acontece logo após a ignição, o fogo começa a crescer, gerando e propagando calor (SEITO *et al.*, 2008). É nessa etapa que o combate ao incêndio é feito com maior probabilidade de eficiência (BONITESE, 2007). Quando o incêndio atinge 1055 kW de calor liberado em um ambiente enclausurado (NFPA 72, 2016), ou quando a camada superior alcança 600°C e a radiação próximo ao piso chega à  $20 \frac{kW}{m^2}$  acontece o *flashover* (BUCHANAN APUT BONITESE), onde a queima é generalizada e logo após o fogo se mantém constante.

Dessa forma na fase de crescimento, é onde deve ser feita a supressão a fim de evitar a propagação do incêndio.

Já na terceira fase, ocorre o decaimento, onde um ou mais dos elementos do fogo (calor, comburente ou combustível) se tornam escassos e o fogo tende a extinção. Na figura 2 é apresentado as fases do desenvolvimento do incêndio.

**Figura 2 – Fases do desenvolvimento do incêndio**

Fonte: Adaptada de Buchanan (1995) apud Bonitese (2007, p.56).

## 2.2 Carga de Incêndio

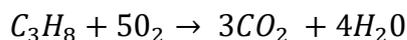
A carga de incêndio deve-se partir do básico, vindo dos conceitos de calorimetria onde aprende-se a troca de calor por condução, convecção e irradiação por meios sólidos, líquidos e pelo vácuo, a ideia desta ciência é encontrar o equilíbrio corpus.

Já nos conceitos físico-químicos, no processo de combustão há uma reação exotérmica (liberação de calor), onde o processo de combustão para compostos orgânicos formados por átomos de carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos) acontece na lógica mostrada na figura 3 (BONITESE, 2017):

**Figura 3 – Combustão para compostos orgânicos**

Fonte: Adaptada Bonitese (2007, p.34).

Segundo Bonitese (2007, p.34) um exemplo é a combustão do propano com a equação em equilíbrio:



Vindo agora para termodinâmica e estudo da entalpia onde os calores específicos das substâncias produzem uma quantidade de energia em joules (J) pela sua quantidade de matéria em mols ou em gramas(g).

Na tabela 1 a seguir apresenta-se as entalpias de formação das substâncias.

**Tabela 1** – Entalpias de formação

Elemento	Nome	Entalpia de formação (KJ/mol)
$C_3H_8$	Propano	-104,3
$O_2$	Oxigênio	0
$CO_2$	Monóxido de carbono	-393,5
$H_2O$	Água	- 241,8

**Fonte Adaptado** – (Magalhães, 2008)

Para chegarmos à entalpia deve-se aplicar a fórmula 2.2.1 a seguir:

$$\Delta H = HP - HR \quad (2.2.1)$$

onde  $\Delta H$  é a entalpia  $HP$  é o produto e  $HR$  o reagente.

Dessa forma tem-se:

$$\begin{aligned} \Delta H &= (3CO_2 + 4H_2O) - C_3H_8 \\ \Delta H_c &= (3(-393,5) + (4(-241,8)) - ((-104,3) + 0)) \\ \Delta H &= -2043,4 \frac{KJ}{mol} \end{aligned}$$

Como pode-se ver uma reação da equação estequiométrica envolvendo o propano a queima do propano resulta em  $-2043,4 \frac{KJ}{mol}$  sendo 1 mol de propano igual a 52 gramas resulta em  $39 \frac{MJ}{Kg}$  sendo que e a NPT 14 trás  $46 \frac{MJ}{Kg}$ .

Pelo valor negativo entende-se que a energia está saindo do sistema como conceito enquadrado em termodinâmica.

Sendo assim, o valor dessa substância pura com uma queima completa ou estequiométrica, representa valores de carga de incêndio.

Neste trabalho foram consideradas apenas relações perfeitas para apresentar ideias de valores e facilitar a apresentação e sugerido a continuação de trabalho para complementação de misturas reações incompletas com excesso de gás combustível ou excesso de oxigênio.

No Brasil esta ideia é abordada através da termodinâmica e chamamos a variável de incêndio como carga de incêndio, termo desenvolvido pelo corpo de bombeiros do Brasil para tentar simplificar o conceito.

No Paraná, a NPT utilizada para dimensionar carga de incêndio é a NPT 14 de 2018.

Pode-se dizer que a carga de incêndio é todo o material que pode conduzir ou propagar o fogo dentro de uma edificação através da liberação de energia calorífica, não sendo considerado as paredes, pisos e tetos. Para defini-la, precisa-se fazer um levantamento de materiais existentes e o espaço que ele ocupa (NPT 14, 2018).

No anexo A da NPT 14 de 2018, é citado as cargas de incêndio probabilística a serem adotadas conforme suas respectivas classes, conforme mostra o anexo A deste trabalho. Quando existem armazenamento de produtos, pode ser determinada de acordo com a altura do armazenamento, através do anexo B, deste mesmo código, conforme o anexo B deste trabalho.

Para o cálculo da carga em depósitos, explosivos e ocupação especiais é utilizado a equação (2.2.2) a seguir:

$$q_{fi} = \sum \left( \frac{M_i H_i}{A_f} \right) \quad (2.2.2)$$

onde  $q_{fi}$  é o valor da carga de incêndio específica ( $\frac{MJ}{m^2}$ );  $M_i$  é a massa total de cada componente e do material combustível ( $kg$ );  $H_i$  é o potencial calorífico ( $\frac{MJ}{kg}$ );  $A_f$  é a área do compartimento ( $m^2$ );

O potencial calorífico de cada material pode ser encontrado na tabela C.1 da NPT 14 de 2018, conforme mostra o anexo C deste trabalho.

Para levantamento da carga de incêndio deve-se realizar um inventário detalhado dos materiais existentes na edificação, e assim usar as modelagens matemáticas para determinar o valor total.

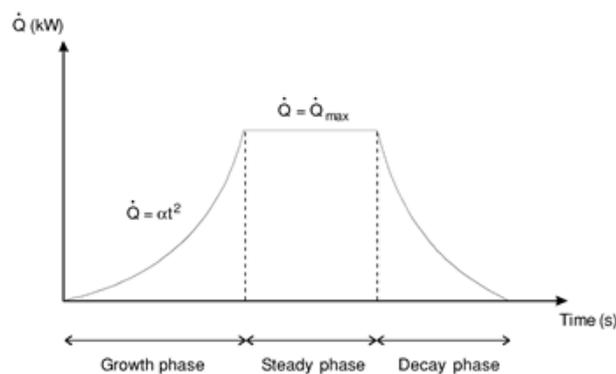
### 2.3 Taxa de calor liberada

A Taxa de Calor Liberada conhecida internacionalmente como HRR (*Heat Rate Release*), é uma energia liberada durante a queima do material que varia conforme o tempo, geralmente a unidade de medida é em kilowatts.

Segundo Bonitese (2007, p. 49), “a HRR de um material pode ser descrita como a variável mais importante nos perigos de um incêndio”. Essa taxa de calor liberada é essencial para determinar o fogo de projeto e ter o conhecimento da modelagem do incêndio, através dela determina-se a quantidade de calor que um certo material libera à medida que o tempo avança. Pode-se representar a taxa de calor liberada por gráfico onde tem-se a HRR no eixo das ordenadas, e o tempo no eixo das abcissas.

Na figura 4 é analisado o crescimento da taxa de calor liberada variando conforme a aceleração do tempo.

**Figura 4**– Curva de incêndio em um projeto



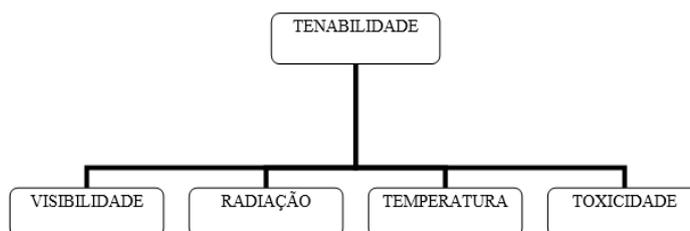
**Fonte:** Karlsson, Quintiere, (1999, p. 56)

### 2.4 Tenabilidade

O estudo da tenabilidade traz o conhecimento da resistência do corpo humano em um incêndio, até mesmo os limites de tolerância quando o corpo humano está exposto a radiação, fumaça, temperaturas elevadas e gases tóxicos.

Segundo Vasconcelos e Melo (2019, p. 2), “a tenabilidade tem quatro referências que são mais utilizadas, mediante essas situações o corpo em um determinado nível de exposição tornando-se insuportável podendo chegar até a morte”, estas referências são radiação, fumaça, temperaturas elevadas e gases tóxicos, ou seja o momento em que o ambiente incendiado se torna insuportável para o corpo humano, conforme é apresentado na figura 5.

**Figura 5 – Referências de tenabilidade**



**Fonte –** Vasconcelos, Melo (2019, p. 3)

Dessa forma os níveis de exposição para o ser humano são abordados na tabela 2 a seguir.

**Tabela 2 – Entalpias de formação**

Referência de tenabilidade	Norma	Limites de exposição
Visibilidade	NFPA 101	10% de obscurecimento por metro
Radiação	NFPA 130	20 segundos de exposição
Temperatura	NFPA 130	49°C
Toxidade	NFPA 101	monóxido de carbono; cianeto de hidrogênio; dióxido de carbono; cloreto de hidrogênio e os efeitos anóxicos

**Fonte -** Adaptado; Vasconcelos, Melo (2019, p. 4)

## 2.4 Projeto Baseado em Desempenho - PBD

O *Performance-Based Design* ou Projeto Baseado em Desempenho - PBD, consiste em um projeto ao qual se baseia em gerenciamento de riscos, onde o projetista cria estratégias de proteção para chegar a um objetivo final (Mattedi, 2005).

O estudo sobre o PBD no Brasil começou pelo fato dos códigos brasileiros não suprirem as necessidades de projetos com maior complexibilidade, sendo necessário que os projetistas se reportassem a estudos mais aprofundados sobre incêndios. Além disso, o projetista que usa a metodologia do PBD tem a capacidade de criar uma

análise crítica das situações particulares de cada edificação e assim solucionar problemas com melhor eficiência e menor custo (Mattedi, 2005).

O PBD supre a necessidade de o projetista prever e solucionar os problemas envolvidos nos projetos, através da transformação dos objetivos em valores, ou seja, parâmetros qualitativos em parâmetros quantificáveis (BECK *apud* MATTEDI).

Por exemplo, suponha-se que a norma do corpo de bombeiro prescreve que o caminhamento máximo até o extintor para certa edificação é de 15 metros. O argumento para essa prescrição é que em casos de sinistros os indivíduos que ocupam a edificação devem chegar ao extintor antes que o ambiente se torne nocivo ao corpo humano, ou seja, antes que o incêndio crie uma situação de tenabilidade.

Porém as proteções nos códigos Brasileiros são baseadas em carga de incêndio sendo um conhecimento atrasado em relação às normas internacionais, segundo Mattedi (2005, p. 21) “o processo de implantação da normalização brasileira de segurança contra incêndio registra certo atraso em relação ao de outros países desenvolvidos”, já segundo Ferreira (2017 p. 7) “o contexto brasileiro desatualizado, reflete nos códigos e normas incompletas, confusas, burocráticas e não objetivas”.

Quando se projeta baseando-se em PBD, monta-se um cenário das condições do ambiente, como geometria, características de ocupantes e as características de um incêndio como fonte de ignição, crescimento do fogo, *flashover*, desenvolvimento completo, extinção.

Dessa forma o PBD traz maior segurança para a vida humana, pois se cria vários possíveis acontecimentos, além disso, o projetista deve ter um conhecimento minucioso do fogo e do *flashover*, visto que o período anterior a esse fenômeno ainda pode se salvar vidas, e posterior cria-se um ambiente com alta tenabilidade.

Assim a melhor maneira de realizar um projeto de prevenção é prever os acontecimentos, e posteriormente dimensionar equipamentos de forma eficaz, onde se pode chegar a esses resultados através da taxa de calor liberada. Visto que a HRR também é uma variável importante para os conceitos de tenabilidade, e pode ser dimensionado o tempo de evacuação de uma área antes que o local atinja uma temperatura, irradiação, toxicidade ou obstrução de visibilidade críticas.

Dessa forma uma solução para os projetos de prevenção de incêndio ter uma maior eficácia no Brasil, é padronizar os códigos através do PBD, pois os parâmetros abordados neste projeto são feitos com proteções que vai além do que a norma pede.

Além disso no Brasil não se usa taxa de calor liberada para elaboração de projetos, sendo que é essencial para se chegar à velocidade do incêndio, e o momento que o fogo torna um ambiente perigoso. Para Vasconcelos, Melo (2019, p. 2).

O tempo de saída seguro disponível é composto por dois componentes principais :o tempo que leva para o fogo criar um ambiente perigoso e o tempo que leva o ambiente de incêndio para incapacitar os ocupantes.

Dessa forma os códigos brasileiros de prevenção de incêndio precisam trazer abordagens que se consideram a velocidade do incêndio ou o tempo que o incêndio leva para alcançar seus estágios e para criar um ambiente perigoso e incapacitar os ocupantes, afim de fazer com que o projetista tenha uma análise crítica das condições dos ambientes em que serão elaborado os projetos.

### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho se baseia em uma pesquisa exploratória quantitativa que segundo Gil (2008, p. 27) “as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”. Segundo Fonseca (2002, p.20) “a pesquisa quantitativa recorre a linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre as variáveis, etc.”

Os procedimentos consistiram em entendimento do comportamento de um incêndio, da carga de incêndio, e da curva de crescimento do fogo através da taxa de calor liberada.

Dessa forma foi realizada uma pesquisa acerca dos materiais citados na tabela C.1 da NPT 14 de 2018, conforme mostra o anexo C deste trabalho junto com análises dos cálculos, afim de achar a HRR destes materiais. Porém ao analisar os procedimentos para definir às variáveis achou-se a necessidade de ensaios de queima dos materiais com equipamento cone calorímetro, mas esse equipamento somente tem disponibilidade em São Paulo – SP, tornando-se impossível essa análise.

Assim adotou-se pesquisas em artigos científicos, livros e normas internacionais ao qual trazem os ensaios e resultados dessas variáveis e chegou-se aos resultados esperados.

Nos estudos realizados no livro *Barbrauskas e Krasny (1985)* encontrou-se uma tabela, que está no anexo D deste trabalho, onde traz dados da queima de materiais de um colchão e algumas variáveis necessárias para cálculo da máxima liberação de energia do poliéster.

Para determinação da taxa máxima de calor liberada usa-se a fórmula 3.1:

$$\dot{Q}m = q.A \quad (3.1)$$

onde  $\dot{Q}m$  é a máxima liberação de energia ( $kW$ );  $q$  é a densidade da taxa de liberação de calor por unidade de área útil ( $kW/m^2$ );  $A$  é a área ( $m^2$ )

Ou pode ser determinada através da fórmula 3.2:

$$\dot{Q} = m.\Delta hc \quad (3.2)$$

onde:  $\dot{Q}$  é a taxa de calor liberada ( $kW$ );  $m$  é a taxa de perda de massa ( $kg/s$ );  $\Delta hc$  é o calor de combustão do material ( $kJ/g$ ).

Nesse trabalho foi adotado o calor de combustão citado na tabela C.1 da NPT 14 (2018), afim de comparar o produto do calor de combustão e taxa de perda de massa do poliéster para que fosse possível determinar a taxa de calor liberada, dada por:

Calor de combustão x Taxa de perda de massa = Taxa de Calor Liberada

$$(MJ/kg) (kg/s) = MJ/s$$

$$MJ/s = MW$$

$$MW = 10^3 kW$$

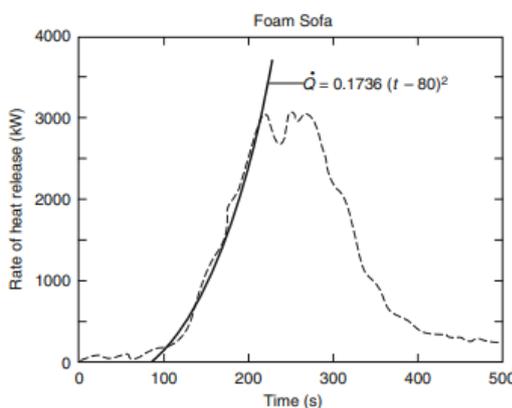
Na fase de crescimento do fogo, acredita-se que a liberação de calor comece a crescer com o tempo ( $t$ ) igual a 0. Para o *flashover* acontecer é necessária uma taxa de liberação de calor igual a 1055 kW, portanto a taxa de crescimento do fogo ( $\alpha$ ) é dada por  $1055/tg^2$ . Pode ser usado a seguinte fórmula 3.3 para encontrar a HRR:

$$\dot{Q} = \frac{1055}{tg^2} t^2 \quad (3.3)$$

sendo  $\dot{Q}$  a taxa de calor liberada ( $kW$ );  $t_g$  o tempo de crescimento do fogo para atingir  $1055 kW$  ( $s$ );  $t$  o tempo total da queima ( $s$ ).

Ao ser realizada pesquisa sobre o tempo  $t_g$ , foi adotado os critérios de queimas feitas em trabalhos anteriores com alguns materiais, como a queima de um sofá, que traz uma representação da fórmula para calcular a curva de crescimento do incêndio conforme a imagem 6, e uma pilha de paletes com dimensões de  $1,22m \times 1,22m$ , todas encontradas no livro *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* ou Manual SFPE de Engenharia de Proteção contra Incêndio, 5<sup>o</sup> edição.

**Figura 6**– Taxa de calor liberada de um sofá de espuma



**Fonte** – Hurley (2016, p. 442)

No mesmo livro usou-se uma tabela ao qual está no anexo E deste trabalho, onde foi retirado os dados da queima de uma poltrona de descanso em plástico, logo após foi calculado a curva do incêndio na fase de crescimento e verificado se o incêndio se enquadra como taxa de crescimento lenta, média ou alta que segundo a NFPA 72 (2016, p. 910) “os incêndios são classificados como queima lenta, média e rápida, desde o momento que a queima estabelecida ocorre até o fogo atingir uma taxa de liberação de calor de  $1055 kW$ ”. Na tabela 3 são apresentados o tempo de crescimento para fogo atingir  $1055 kW$  ( $t_g$ ) e o fator de crescimento da liberação de energia ( $\alpha$ ).

**Tabela 3** – Taxa de crescimento do fogo

Taxa de crescimento do fogo	Tempo de crescimento (tg)	$\alpha$ (kW / s <sup>2</sup> )
Lenta	$tg \geq 400$ s	$\alpha \leq 0,0063$
Média	$150 \leq tg < 400$ s	$0,0063 < \alpha \leq 0,0445$
Rápida	$tg < 150$ s	$\alpha > 0,0445$

Fonte: NFPA 7 (2016, p. 910)

Assim o cálculo da curva de incêndio em do sofá e da pilha de paletes usou-se a fórmula 3.4 a seguir:

$$\dot{Q} = \alpha (t - t_i)^2 \quad (3.4)$$

sendo  $\dot{Q}$  a taxa de calor liberada (kW);  $t$  o tempo total de queima (s);  $t_i$  tempo que o material leva para chegar à ignição (s).

Já para a poltrona de descanso utilizou-se a fórmula 3.3. Para o cálculo e representação das curvas foi utilizado o excel.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Visto que o livro Barbraukas e Kransny (1895) apresenta a taxa de perda de massa de 8 Kg de poliéster de um colchão e a NPT 14 define o calor de combustão do poliéster, determinou-se a taxa máxima de calor liberada, utilizando a fórmula 3.2.

Na tabela 4 estão especificados os valores e as fontes das variáveis que foram utilizadas para o cálculo da HRR máxima.

**Tabela 4** – Valores do calor de combustão e taxa de perda de massa

Fonte	Variável	Valor
NPT 14 – Tabela C.1	Calor de combustão	31 MJ/Kg
livro Barbraukas e Kransny 1985 – Tabela 16 CSTB	Taxa de perda de massa	9 g/s

Fonte: Adaptado de Barbraukas e Kransny (1895, p.63) e NPT 14 (2018, p. 14)

Aplicando a fórmula 3.2 para encontro da taxa máxima de calor liberado, chegou-se ao seguinte resultado.

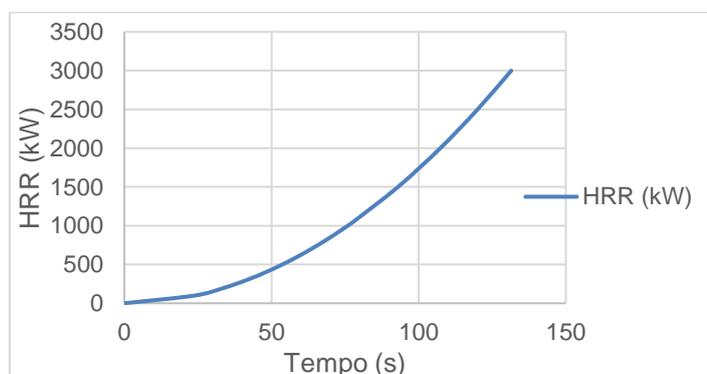
$$(31MJ/kg) (0,009kg/s) = 0.279MJ/s$$

$$0.279MJ/s = 0.279MW$$

$$MW = 279 kW$$

Para encontrar a curva de crescimento do incêndio no sofá de espuma, foi utilizada a fórmula 3.3, admitindo a ignição no tempo 0 ,encontrou-se o tempo que o incêndio leva para atingir as taxas de calor liberada de 0 á 3000 kW conforme o quadro 1 assim foi representada a curva da HRR conforme a figura 7. Verificando o valor de  $\alpha$  fornecido na imagem 6 e o tempo de crescimento ( $t_g$ ) igual á  $\sqrt{(1055 \cdot 0.1736)}$  foi classificado a taxa de crescimento do fogo mostrado na tabela 3.

**Figura 7**– Curva HRR de um sofá de espuma



**Fonte:** Moroski (2020)

**Quadro 1**– Tempo que o fogo leva para atingir uma determinada HRR

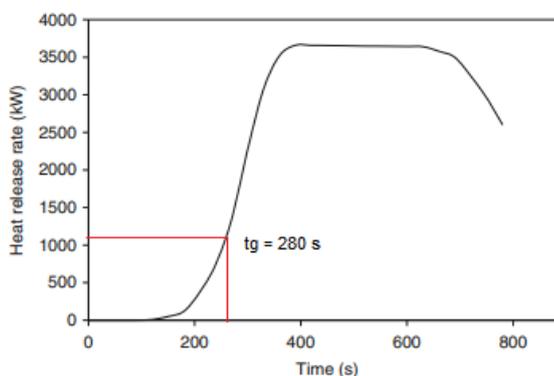
HRR (kW)	0	100	500	1000	1500	2000	2500	3000
Tempo (s)	0	24,00	53,67	75,90	92,95	107,33	120,00	131,46

**Fonte:** Moroski (2020)

Para representar a curva de crescimento do fogo em paletes utilizou-se a imagem da curva retirada do livro da sociedade de engenheiros de proteção contra Incêndios *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* e foram feitas ligações de duas linhas, uma na mesma direção do eixo x, quando o fogo atinge 1055 W de HRR até chegar na curva, a outra na mesma direção ao eixo y, saindo da curva e chegando

ao tempo que fogo leva para atingir 1055 W de calor liberado ( $t_g$ ) assim encourou-se  $t_g = 280$  segundos. As linhas estão representadas na figura 9.

**Figura 9** – HRR da pilha de paletes em madeira



**Fonte Adaptada** – Hurley (2016, cap. 3 p. 24)

Sabendo que o tempo que o fogo leva para atingir o 1055 W ( $t_g$ ) = 280 segundos e o tempo que o material leva para chegar a ignição ( $t_i$ ) = 90 segundos, assim a taxa de crescimento do fogo ( $\alpha$ ) é  $\frac{1055}{280^2}$ , ou seja  $\alpha = 0.02922 \text{ kW/s}^2$ .

A curva de crescimento do incêndio foi determinada através da fórmula 3.4, onde encontrou-se o tempo que o fogo leva para atingir as taxas de calor liberada de 0 a 3600 kW conforme o quadro 2. A curva da taxa de calor liberada está representada na figura 10.

**Figura 10** – HRR da pilha de paletes em madeira



**Fonte:** Moroski (2020)

**Quadro 2**– Tempo que o fogo leva para atingir uma determinada HRR

HRR (kW)	0	100	500	1000	1500	2000	2500	3000	3600
Tempo (s)	0	58,50	130,81	184,99	226,57	261,62	292,50	320,42	351,00

**Fonte:** Moroski (2020)

Para análise da curva de incêndio da poltrona de descanso em plástico moldado com 11,26 Kg, foi retirado alguns dados da tabela 4-1.4 do livro *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* que são,  $\alpha = 0,0140$ ;  $t_i = 2090$  s;  $t_g = 275$ ; HRR máxima = 700 kW.

A curva de crescimento da poltrona foi determinada através da fórmula 3.3, onde foi calculada a curva de 0 a 700 kW conforme o quadro 3, essa curva está representada na figura 11.



Fonte: Moroski (2020)

**Quadro 3**– Tempo que o fogo leva para atingir uma determinada HRR

Tempo (s)	0	84,52	119,52	146,39	169,03	188,98	207,02	223,61
HRR (kW)	0	100	200	300	400	500	600	700

Fonte: Moroski (2020)

Na tabela 5 apresenta os resultados encontrados em livros, normas e através de cálculos dos materiais analisados.

**Tabela 5**– Tabela de resultados encontrados

Materiais	Taxa de crescimento do fogo	Tempo de crescimento (tg)	$\alpha$ (kW / s <sup>2</sup> )	Máxima liberação de calor
Sofá de espuma	Rápida	77.96 s	0.1736	3000 kW
Pilha de paletes	Média	280 s	0.02922	3600 kW
Poltrona de descanso	Média	275 s	0.0140	700 kW

Fonte: Moroski (2020)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que a dinâmica do fogo é uma matéria não abordada nas instituições de ensino no Brasil, sendo uma matéria que já existe estudos científicos e pode ser adotada para ensino de profissionais que atuam na área de prevenção de incêndio.

Também pode-se notar que a taxa de calor liberada pode ser adotada como um complemento das normas e não para substituir a carga de incêndio, visto que em algumas situações a carga de incêndio é uma variável para se chegar a taxa de calor liberada.

Percebe-se através dos estudos de artigos científicos que as normas brasileiras e os profissionais da área estão atrasados em relação aos países que adotam a NFPA como o código nacional, pois a mesma traz estudos mais aprofundados e comprovações científicas mais eficazes.

Pode-se ver que os materiais podem ser ensaiados em laboratórios apropriados, com cone calorímetro, porém no Brasil é possível encontrar somente na cidade de São Paulo – SP, sendo necessário mais laboratórios no Brasil para estudos futuros com maior precisão de resultados.

Além disso os materiais do sofá de espuma tem uma taxa de crescimento rápida, ou seja, atinge o *flashover* em um tempo menor que os demais materiais verificados, onde em locais com esse material, deve ser implantado proteções mais eficientes, onde essas proteções podem ser especificadas através de estudos posteriores mais aprofundados.

Já a pilha de paletes e a poltrona de descanso se classificaram como taxa de crescimento média, onde o valor de alfa ( $\alpha$ ) da poltrona de descanso é menor que a pilha de paletes, ou seja, a poltrona libera calor em uma maior velocidade que a pilha de paletes, porém em análise dos gráficos a máxima taxa de calor liberada da pilha de paletes é maior que a poltrona, isso se deve a diferença da geometria, quantidade e densidade de cada material, onde pode ser analisado em estudos posteriores a taxa de calor liberada dos materiais com a mesma quantidade.

## REFERÊNCIAS

BONITESE, K. V. **Segurança Contra Incêndio em Edifício Habitacional de Baixo Custo Estruturado em Aço**. 2007. 253 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

FERREIRA, M. **Como aprovar seu projeto de combate a incêndio**. Disponível em: <http://www.marcoferreira.eng.br/ebook>. Acesso: 30 ago. de 2019

FONSECA, J. J. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

INSTITUTO SPRINKLER BRASIL. **Estatísticas 2018**. Disponível em: <http://sprinklerbrasil.org.br/instituto-sprinkler-brasil/estatisticas/estatisticas-2018/>. Acesso em: 26 de set. de 2019.

KARLSSON, B; QUINTIERE, J. G. **Enclosure Fire Dynamics**. New York: CRC Press, 1999.

National Fire Protection Association. NFPA 72 - National Fire Alarm and Signaling Code Handbook. Estados Unidos da América, 2016.

Norma de Procedimento Técnico. **NPT 14 – Carga de incêndio nas Edificações e Áreas de Risco**. Disponível em: [http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos\\_restritos/files/documento/2018-12/NPT014Cargadeincendionasedificacoeseareasderiscoverso24outubro2018.pdf](http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos_restritos/files/documento/2018-12/NPT014Cargadeincendionasedificacoeseareasderiscoverso24outubro2018.pdf). Acesso em: 30 ago. de 2019

SEITO, A. I; GILL, A. A; PANNONI, F. D; ONO, R; SILVA, S. B; CARLO, U. D; SILVA, V. P. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

VASCONCELLOS, H. C; MELO, T.C **Estudo sobre uma nova abordagem para a prevenção de incêndio baseado no estudo de tenabilidade**. 2019. 10 f. Universidade Veiga de Almeida – Campus Cabo Frio, Rio de Janeiro, 2019.

MAGALHÃES. J; **Entapias de formação**. 2008 Disponível em: [http://www.quimicaparaovestibular.com.br/wa\\_files/Tabela\\_20de\\_20entalpias\\_20de\\_20forma\\_C3\\_A7\\_C3\\_A3o.pdf](http://www.quimicaparaovestibular.com.br/wa_files/Tabela_20de_20entalpias_20de_20forma_C3_A7_C3_A3o.pdf). Acesso em: 20/03/2020

MAGALHÃES. J; **Entapias de formação**. 2008 Disponível em: [http://www.quimicaparaovestibular.com.br/wa\\_files/Tabela\\_20de\\_20entalpias\\_20de\\_20forma\\_C3\\_A7\\_C3\\_A3o.pdf](http://www.quimicaparaovestibular.com.br/wa_files/Tabela_20de_20entalpias_20de_20forma_C3_A7_C3_A3o.pdf). Acesso em: 20/03/2020

FERREIRA, M; **CT - Flamengo - Por: Rodrigo Santos - Especialista Fire Master Academy**. 2019 Disponível em: <http://www.marcoferreira.eng.br/post/ct-flamengo-por-rodrigo-santos-especialista-fire-master-academy>. Acesso em: 20/03/2020

HURLEY, M.J; **SFPE Handbook of fire Protection Engineering**.5<sup>o</sup> ed. Nova York. Estados Unidos da América,2016.

DRYSDALE, D. **An Introduction to Fire Dynamics**. 3 ed. Escócia: John Wiley & Sons 2011.

MATTEDI, D.L; **Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho**. 2005. 228p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil, área de concentração: construção metálica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2007.

BABRAUSKAS, V.; KRASNY, J.; **Fire behavior of upholstered furniture**. Escritório Nacional de Padrões: Gaithersburg, MD, 1985.

## Anexo A

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

## ANEXO A

## TABELAS DE CARGAS DE INCÊNDIO ESPECÍFICAS POR OCUPAÇÃO

Para a classificação detalhada das ocupações (Divisão), consultar a Tabela 1 do Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná

Ocupação/Usos	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m <sup>2</sup>
<b>Residencial</b>	Alojamento estudantis	A-3	300
	Apartamentos	A-2	300
	Casas térreas ou sobrados	A-1	300
	Pensionatos	A-3	300
<b>Serviços de hospedagem</b>	Hotéis	B-1	500
	Motéis	B-1	500
	Apart-hotéis	B-2	500
<b>*Comercial varejista, Loja * Ver item 5.1.2</b>	Açougues	C-1	40
	Animais ("pet shop")	C-2	600
	Antiquidades	C-2	700
	Aparelhos eletrodomésticos	C-1	300
	Aparelhos eletrônicos	C-2	400
	Armarinhos	C-2	600
	Armas	C-1	300
	Artigos de bijouteria, metal ou vidro	C-1	300
	Artigos de cera	C-2	2100
	Artigos de couro, borracha, esportivos	C-2	800
	Automóveis	C-1	200
	Bebidas destiladas	C-2	700
	Brinquedos	C-2	500
	Calçados	C-2	500
	Couro, artigos de	C-2	700
	Drogarias (incluindo depósitos)	C-2	1000
	Esportes, artigos de	C-2	800
	Ferragens	C-1	300
	Floricultura	C-1	80
	Galeria de quadros	C-1	200
	Joalheria	C-1	300
	Livrarias	C-2	1000
	Lojas de departamento ou centro de compras (shoppings)	C-2/C-3	800
	Materiais de construção	C-2	800

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

## ANEXO A (continuação)

Ocupação/Use	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m <sup>2</sup>
<b>*Comercial varejista, Loja</b> <b>* Ver item 5.1.2</b>	Máquinas de costura ou de escritório	C-1	300
	Materiais fotográficos	C-1	300
	Móveis	C-2	400
	Papelarias	C-2	700
	Perfumarias	C-2	400
	Produtos têxteis	C-2	600
	Relojoarias	C-2	500
	Supermercados (vendas)	C-2	600
	Tapetes	C-2	800
	Tintas e vernizes	C-2	1000
	Verduras frescas	C-1	200
	Vinhos	C-1	200
	Vulcanização	C-2	1000
	<b>Serviços profissionais, pessoais e técnicos</b>	Agências bancárias	D-2
Agências de correios		D-1	400
Centrais telefônicas		D-1	200
Cabeleireiros		D-1	200
Copiadora		D-1	400
Encadernadoras		D-1	1000
Escritórios		D-1	700
Estúdios de rádio ou de televisão ou de fotografia		D-1	300
Laboratórios químicos		D-4	500
Laboratórios (outros)		D-4	300
Lavanderias		D-3	300
Oficinas hidráulicas ou mecânicas		D-3	600
Oficinas elétricas		D-3	200
Pinturas		D-3	500
Processamentos de dados		D-1	400
<b>Educacional e cultura física</b>	Academias de ginástica e similares	E-3	300
	Pré-escolas e similares	E-5	300
	Creches e similares	E-5	300
	Escolas em geral	E-1/E-2/E-4/E-6	300
<b>Locais de reunião de público</b>	Bibliotecas	F-1	2000
	Cinemas, teatros e similares	F-5	600
	Circos e assemelhados	F-7	500

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

## ANEXO A (continuação)

Ocupação/Uso	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m <sup>2</sup>
Locais de reunião de público	Centros esportivos e de exibição	F-3	150
	Clubes sociais, boates e similares	F-6/F-11	600
	Estações e terminais de passageiros	F-4	200
	Exposições	F-10	Adotar Anexo B ou C
	Igrejas e templos	F-2	200
	Lan house, jogos eletrônicos	F-6	450
	Museus	F-1	300
	Restaurantes	F-8	300
Serviços automotivos e assemelhados	Estacionamentos	G-1/G-2	200
	Oficinas de conserto de veículos e manutenção	G-4	300
	Postos de abastecimentos (tanque enterrado)	G-3	300
	Hangares	G-5	200
Serviços de saúde e Institucionais	Asilos	H-2	350
	Clínicas e consultórios médicos ou odontológicos	H-6	300
	Hospitais em geral	H-1/H-3	300
	Presídios e similares	H-5	200
	Quartéis e similares	H-4	450
	Veterinárias	H-1	300
*Industrial *Ver item 5.1.2	Aparelhos eletroeletrônicos, fotográficos, ópticos	I-2	400
	Acessórios para automóveis	I-1	300
	Acetileno	I-2	700
	Alimentação (alimentos)	I-2	800
	Aço, corte e dobra, sem pintura, sem embalagem	I-1	40
	Artigos de borracha, coriça, couro, feltro, espuma	I-2	600
	Artigos de argila, cerâmica ou porcelanas	I-1	200
	Artigos de bijuteria	I-1	200
	Artigos de cera	I-2	1000
	Artigos de gesso	I-1	80
	Artigos de madeira em geral	I-2	800
	Artigos de madeira, impregnação	I-3	3000
	Artigos de mármore	I-1	40
	Artigos de metal, forjados	I-1	80

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

## ANEXO A (continuação)

Ocupação/Usó	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m <sup>2</sup>
<b>*Industrial</b> <b>*Ver item 5.1.2</b>	Artigos de metal, fresados	I-1	200
	Artigos de peles	I-2	500
	Artigos de plásticos em geral	I-2	1000
	Artigos de tabaco	I-1	200
	Artigos de vidro	I-1	80
	Automotiva e autopeças (exceto pintura)	I-1	300
	Automotiva e autopeças (pintura)	I-2	500
	Aviões	I-2	600
	Balanças	I-1	300
	Barcos de madeira ou de plástico	I-2	600
	Barcos de metal	I-2	600
	Baterias	I-2	800
	Bebidas destilada	I-2	500
	Bebidas não alcoólicas	I-1	80
	Bicicletas	I-1	200
	Brinquedos	I-2	500
	Café (inclusive torrefação)	I-2	400
	Caixotes barris ou pallets de madeira	I-2	1000
	Calçados	I-2	600
	Carpintarias e marcenarias	I-2	800
	Cera de polimento	I-3	2000
	Cerâmica	I-1	200
	Cereais	I-3	1700
	Cervejarias	I-1	80
	Chapas de aglomerado ou compensado	I-1	300
	Chocolate	I-2	400
	Cimento	I-1	40
	Cobertores, tapetes	I-2	600
	Colas	I-2	800
	Colchões (exceto espuma)	I-2	500
	Condimentos, conservas	I-1	40
	Confeitarias	I-2	400
	Congelados	I-2	800
	Cortiça, artigos de	I-2	600
	Couro, curtume	I-2	700

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

## ANEXO A (continuação)

Ocupação/Use	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m <sup>2</sup>
*Industrial *Ver item 5.1.2	Couro sintético	I-2	1000
	Defumados	I-1	200
	Discos de música	I-2	600
	Doces	I-2	800
	Espumas	I-3	3000
	Estaleiros	I-2	700
	Farinhas	I-3	2000
	Feltros	I-2	600
	Fermentos	I-2	800
	Ferragens	I-1	300
	Fiações	I-2	600
	Fibras sintéticas	I-1	300
	Fios elétricos	I-1	300
	Flores artificiais	I-1	300
	Fornos de secagem com grade de madeira	I-2	1000
	FORAGEM	I-3	2000
	Frigoríficos	I-3	2000
	Fundações de metal	I-1	40
	Galpões de secagem com grade de madeira	I-2	400
	Galvanoplastia	I-1	200
	Geladeiras	I-2	1000
	Gelatinas	I-2	800
	Gesso	I-1	80
	Gorduras comestíveis	I-2	1000
	Gráficas (empacotamento)	I-3	2000
	Gráficas (produção)	I-2	400
	Guarda-chuvas	I-1	300
	Instrumentos musicais	I-2	600
	Janelas e portas de madeira	I-2	800
	Jóias	I-1	200
	Laboratórios farmacêuticos	I-1	300
	Laboratórios químicos	I-2	500
	Lápis	I-2	600
Lâmpadas	I-1	40	

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

## ANEXO A (continuação)

Ocupação/Uso	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m <sup>2</sup>
*Industrial *Ver item 5.1.2	Latas metálicas, sem embalagem	I-1	100
	Laticínios	I-1	200
	Malas, fábrica	I-2	1000
	Malharias	I-1	300
	Máquinas de lavar de costura ou de escritório	I-1	300
	Massas alimentícias	I-2	1000
	Mastiques	I-2	1000
	Matadouro / Abatedouro / Criadouro	I-1	40
	Materiais sintéticos	I-3	2000
	Metalúrgica	I-1	200
	Montagens de automóveis	I-1	300
	Motocicletas	I-1	300
	Motores elétricos	I-1	300
	Móveis	I-2	600
	Olarias	I-1	100
	Óleos comestíveis e óleos em geral	I-2	1000
	Padarias	I-2	1000
	Papéis (acabamento)	I-2	500
	Papéis (preparo de celulose)	I-1	80
	Papéis (procedimento)	I-2	800
	Papelões betuminados	I-3	2000
	Papelões ondulados	I-2	800
	Pedras	I-1	40
	Perfumes	I-1	300
	Pneus	I-2	700
	Produtos adesivos	I-2	1000
	Produtos de adubo químico	I-1	200
	Produtos alimentícios (expedição)	I-2	1000
	Produtos com ácido acético	I-1	200
	Produtos com ácido carbônico	I-1	40
	Produtos com ácido inorgânico	I-1	80
	Produtos com albumina	I-3	2000
	Produtos com alcatrão	I-2	800
	Produtos com amido	I-3	2000
Produtos com soda	I-1	40	

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

## ANEXO A (continuação)

Ocupação/Usó	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m <sup>2</sup>
*Industrial *Ver item 5.1.2	Produtos com soda	I-1	40
	Produtos de limpeza	I-3	2000
	Produtos graxos	I-2	1000
	Produtos refratários	I-1	200
	Raçõs balanceadas	I-2	800
	Relógios	I-1	300
	Resinas	I-3	3000
	Resinas, em placas	I-2	800
	Roupas	I-2	500
	Sabões	I-1	300
	Sacos de papel	I-2	800
	Sacos de juta	I-2	500
	Serralheria	I-1	200
	Sorvetes	I-1	80
	Sucos de fruta	I-1	200
	Tapetes	I-2	600
	Têxteis em geral (tecidos)	I-2	700
	Tintas e solventes	I-3	4000
	Tintas e vernizes	I-3	2000
	Tintas látex	I-2	800
	Tintas não-inflamáveis	I-1	200
	Transformadores	I-1	200
	Tratamento de madeira	I-3	3000
	Tratores	I-1	300
	Vagões	I-1	200
	Vassouras ou escovas	I-2	700
	Velas de cera	I-3	1300
	Vidros ou espelhos	I-1	200
	Vinagres	I-1	80
	Vulcanização	I-2	1000

## Anexo B

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

## ANEXO B

TABELA DE CARGA DE INCÊNDIO RELATIVA À ALTURA DE ARMAZENAMENTO (DEPÓSITOS)

Tipo de Material	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m <sup>2</sup>					
	Altura de armazenamento (em metros)					
	1	2	4	6	8	10
Açúcar	3780	7560	15120	22680	30240	37800
Açúcar, produtos de	360	720	1440	2160	2880	3600
Acumuladores/baterias	360	720	1440	2160	2880	3600
Adübos químicos- (Retirado pela Portaria do CCB nº 044/2018)	90	180	360	540	720	900
Alcatrão	1530	3060	6120	9180	12240	15300
Algodão	585	1170	2340	3510	4680	5850
Alimentação (alimentos industrializados)	1530	3060	6120	9180	12240	15300
Aparelhos eletroeletrônicos	180	360	720	1080	1440	1800
Aparelhos fotográficos	270	540	1080	1620	2160	2700
Bebidas alcoólicas	360	720	1440	2160	2880	3600
Borracha	12870	25740	51480	77220	102960	128700
Artigos de borracha	2250	4500	9000	13500	18000	22500
Brinquedos	360	720	1440	2160	2880	3600
Cabos elétricos	270	540	1080	1620	2160	2700
Cacau, produtos de	2610	5220	10440	15660	20880	26100
Café cru	1305	2610	5220	7830	10440	13050
Caixas de madeira	270	540	1080	1620	2160	2700
Calçado	180	360	720	1080	1440	1800
Celuloide	1530	3060	6120	9180	12240	15300
Cera	1530	3060	6120	9180	12240	15300
Cera, artigos de	945	1890	3780	5670	7560	9450
Chocolate	1530	3060	6120	9180	12240	15300
Colas combustíveis	1530	3060	6120	9180	12240	15300
Colchões não sintéticos	2250	4500	9000	13500	18000	22500
Cosméticos	248	495	990	1485	1980	2475
Couro	765	1530	3060	4590	6120	7650
Couro, artigos de	270	540	1080	1620	2160	2700
Couro sintético	765	1530	3060	4590	6120	7650
Couro sintético, artigos de	360	720	1440	2160	2880	3600
Depósitos de mercadorias incombustíveis em pilhas de caixas de madeira ou de papelão	90	180	360	540	720	900

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

## ANEXO B (continuação)

Tipo de Material	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m <sup>2</sup>					
	Altura de armazenamento (em metros)					
	1	2	4	6	8	10
Depósitos de mercadorias incombustíveis em pilhas de caixas de plástico	90	180	360	540	720	900
Depósitos de mercadorias incombustíveis em estantes metálicas (sem embalagem)	9	18	36	54	72	90
Depósitos de paletes de madeira	1530	3060	6120	9180	12240	15300
Espumas sintéticas	1125	2250	4500	6750	9000	11250
Espumas sintéticas, artigos de	360	720	1440	2160	2880	3600
Farinha em sacos	3780	7560	15120	22680	30240	37800
Feltro	360	720	1440	2160	2880	3600
Feno, fardos de	450	900	1800	2700	3600	4500
Fiação, produtos de fio	765	1530	3060	4590	6120	7650
Fiação, produtos de lã	855	1710	3420	5130	6840	8550
Fósforos	360	720	1440	2160	2880	3600
Gorduras	8100	16200	32400	48600	64800	81000
Gorduras comestíveis	8505	17010	34020	51030	68040	85050
Grãos, sementes	360	720	1440	2160	2880	3600
Instrumentos de ótica	90	180	360	540	720	900
Legumes, verduras, hortifrutigranjeiros	158	315	630	945	1260	1575
Leite em pó	4050	8100	16200	24300	32400	40500
Lenha	1125	2250	4500	6750	9000	11250
Madeira em troncos	2835	5670	11340	17010	22680	28350
Madeira, aparas	945	1890	3780	5670	7560	9450
Madeira, restos de	1350	2700	5400	8100	10800	13500
Madeira, vigas e tábuas	1890	3780	7560	11340	15120	18900
Malte	6030	12060	24120	36180	48240	60300
Massas alimentícias	765	1530	3060	4590	6120	7650
Materiais de construção	360	720	1440	2160	2880	3600
Materiais sintéticos	2655	5310	10620	15930	21240	26550
Material de escritório	585	1170	2340	3510	4680	5850
Medicamentos, embalagem	360	720	1440	2160	2880	3600
Depósitos de mercadorias incombustíveis em pilhas de caixas de plástico	90	180	360	540	720	900
Móveis de madeira	360	720	1440	2160	2880	3600
Móveis, estofados sem espuma sintética	180	360	720	1080	1440	1800
Painel de madeira aglomerada	3015	6030	12060	18090	24120	30150

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

## ANEXO B (continuação)

Tipo de Material	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m <sup>2</sup>					
	Altura de armazenamento (em metros)					
	1	2	4	6	8	10
Papel	3780	7560	15120	22680	30240	37800
Papel prensado	945	1890	3780	5670	7560	9450
Papelaria, estoque	495	990	1980	2970	3960	4950
Produtos farmacêuticos, estoque	360	720	1440	2160	2880	3600
Peças automotivas	360	720	1440	2160	2880	3600
Perfumaria, artigos de	225	450	900	1350	1800	2250
Pneus	810	1620	3240	4860	6480	8100
Portas de madeira	810	1620	3240	4860	6480	8100
Produtos químicos combustíveis	450	900	1800	2700	3600	4500
Queijos	1125	2250	4500	6750	9000	11250
Resinas sintéticas	1890	3780	7560	11340	15120	18900
Resinas sintéticas, placas de	1530	3060	6120	9180	12240	15300
Sabão	1890	3780	7560	11340	15120	18900
Sacos de papel	5670	11340	22680	34020	45360	56700
Sacos de plástico	11340	22680	45360	68040	90720	113400
Tabaco em bruto	765	1530	3060	4590	6120	7650
Tabaco, artigos de	945	1890	3780	5670	7560	9450
Tapeçarias	765	1530	3060	4590	6120	7650
Tapeçarias	900	1800	3600	5400	7200	9000
Tecidos sintéticos	585	1170	2340	3510	4680	5850
Tecidos, fardos de algodão	585	1170	2340	3510	4680	5850
Tecidos, seda artificial	450	900	1800	2700	3600	4500
Toldos ou lonas	450	900	1800	2700	3600	4500
Velas de cera	10080	20160	40320	60480	80640	100800
Vernizes	1125	2250	4500	6750	9000	11250
Papel	3780	7560	15120	22680	30240	37800
Papel prensado	945	1890	3780	5670	7560	9450
Papelaria, estoque	495	990	1980	2970	3960	4950
Vernizes de cera	2250	4500	9000	13500	18000	22500

Nota: Pode haver interpolação entre os valores.

**Nota Geral:**

1 - Para fertilizantes químicos (adubos químicos) deverá ser obedecida a NPT 027 – Parte 03. (Inserido pela Portaria do CCB nº 044/2018)

## Anexo C

## NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO

TABELA C.1 – VALORES DE REFERÊNCIA – POTENCIAL CALORÍFICO ESPECÍFICO (H<sub>i</sub>)

Tipo de Material	(H <sub>i</sub> ) (MJ/ka)	Tipo de Material	(H <sub>i</sub> ) (MJ/ka)	Tipo de Material	(H <sub>i</sub> ) (MJ/ka)
Acetileno	50	Dietilcetona	34	Metano	50
Acetileno dissolvido	17	Dietileter	37	Metanol	19
Acetona	30	Epóxi	34	Monóxido de carbono	10
Acrílico	28	Etano	47	Nafta	42
Acúcar	17	Etanol	26	N-Butano	45
Amido	17	Eteno	50	Nitrocelulose	8.4
Alaodão	18	Éter amílico	42	N-Octano	44
Álcool Alílico	34	Éter etílico	34	N-Pentano	45
Álcool Amílico	42	Etileno	50	Óleo de linhaca	37
Álcool Etílico	25	Etino	48	Óleo vegetal	42
Álcool metílico	21	Enxofre	8.4	Palha	16
Benzeno	40	Farinha de trigo	17	Papel	17
Benzina	42	Hexaftano	46	Parafina	46
Celulose	16	Fenol	34	Petróleo	41
Biodiesel	39	Fibra sintética 6.6	29	Plástico	31
Borracha espuma	37	Fósforo	25	Poliacilonitríco	30
Borracha em tiras	32	Gás Natural	26	Policarbonato	29
Butano	46	Gasolina	47	Poliéster	31
Cacau em pó	17	Glicerina	17	Poliestireno	39
Café	17	Gordura e óleo vegetal	42	Poliétileno	44
Cafeína	21	Grãos	17	Polimetilmetacrílico	24
Cálcio	4	Grãos	41	Polioximetileno	15
Carbono	34	Heptano	46	Poliuretano	23
Carvão	36	Hexametileno	46	Polivinilclorido	16
Celulose	16	Hexano	46	Propano	46
Cereais	17	Hidreto de sódio	9	PVC	17
C-Heptano	46	Hidroaênio	143	Resina de fenol	25
C-Pentano	46	Hidreto de maanésio	17	Resina de uréia (Retirado pela Portaria do CCB nº 044/2018)	24
C-Propano	50	Látex	44	Resina melamínica	18
C-Hexano	46	Lã	23	Seda	19
Chocolate	25	Leite em pó	17	Sisal	17
Chá	17	Linho	17	Tabaco	17
Cloreto de polivinil	21	Linóleo	2	Tolueno	42
Couro	19	Lixo de cozinha	18	Turfa	34
Creosoto/fenol	37	Madeira	19	Ureia	9
D-alucose	15	Maanésio	25	Viscose	17
Diesel	43	Manteiga	37		
Dietilamina	42	Polipropileno	43		

Nota: valores de materiais não listados nesta tabela poderão ser apresentados pelo projetista, desde que citada a fonte bibliográfica.

## Anexo D

Table 16. Heat release rates of mattresses in CSTB tests [168,169].

Test	Mass (kg)	Combustible mass (kg)	Padding	Covering (ticking, sheet, cover)	Peak m (g/s)	Peak q (kW) <sup>a</sup>
1	NA	4.0	PU	rayon	26	760
2	NA	8.0	PU	polyester	9.0	240
10	6.8	6.8	PU	rayon, cottonflin, wool	17.5	460
11	6.4	6.4	PU	cottonflin, rayon, polyester/cotton, acrylic/cotton	60	1580
3	NA	8.4	PU (HD)	polyester, rayon (FR)	16.7	430
4	NA	8.4	PU (HD)	linen/cotton (FR)	0.6	15
8	11.9	11.9	PU (HD)(FR)	cottonflin, polyester (FR), cottonflin, wool	6.9	180
9b	11.4	11.4	PU (FR)	polyester (FR), polyester/cotton, acrylic/cotton	1.9	50
5	20.	13.2	kapok	cottonflin	1.4	20
6	22.8	16.0	kapok	cottonflin, wool	1.0	15
7	22.4	15.6	kapok	cotton, linen, polyester/cotton, acrylic/cotton	0.95	15

<sup>a</sup> Estimated from mass loss records and Ah.  
 HD-high density.  
 NA-Not available.

## Anexo E

Table 4-1.4 Summary of NBS Calorimeter Tests

Test No.	Description	Fire Growth Time (s) ( $t_g$ )	$\alpha$ (kW/s <sup>2</sup> )	Virtual Time (s)	Maximum Heat Release Rate (kW)
Test 15	Metal wardrobe 41.4 kg (total)	50	0.4220	10	750
Test 18	Chair F33 (trial loveseat) 39.2 kg	400	0.0066	140	950
Test 19	Chair F21 28.15 kg (initial stage of fire growth)	175	0.0344	110	350
Test 19	Chair F21 28.15 kg (later stage of fire growth)	50	0.4220	190	2000
Test 21	Metal wardrobe 40.8 kg (total) (average growth)	250	0.0169	10	250
Test 21	Metal wardrobe 40.8 kg (total) (later growth)	120	0.0733	60	250
Test 21	Metal wardrobe 40.8 kg (total) (initial growth)	100	0.1055	30	140
Test 22	Chair F24 28.3 kg	350	0.0086	400	700
Test 23	Chair F23 31.2 kg	400	0.0066	100	700
Test 24	Chair F22 31.9 kg	2000	0.0003	150	300
Test 25	Chair F26 19.2 kg	200	0.0264	90	800
Test 26	Chair F27 29.0 kg	200	0.0264	360	900
Test 27	Chair F29 14.0 kg	100	0.1055	70	1850
Test 28	Chair F28 29.2 kg	425	0.0058	90	700
Test 29	Chair F25 27.8 kg (later stage of fire growth)	60	0.2931	175	700
Test 29	Chair F25 27.8 kg (initial stage of fire growth)	100	0.1055	100	2000
Test 30	Chair F30 25.2 kg	60	0.2931	70	950
Test 31	Chair F31 (loveseat) 39.6 kg	60	0.2931	145	2600
Test 37	Chair F31 (loveseat) 40.40 kg	80	0.1648	100	2750
Test 38	Chair F32 (sofa) 51.5 kg	100	0.1055	50	3000
Test 39	½-in. Plywood wardrobe w/ fabrics 68.8 kg	35	0.8612	20	3250
Test 40	½-in. Plywood wardrobe w/ fabrics 68.32 kg	35	0.8612	40	3500
Test 41	⅝-in. Plywood wardrobe w/ fabrics 36.0 kg	40	0.6594	40	6000
Test 42	⅝-in. Ply. wardrobe w/ fire-ret. (int. fin. initial)	70	0.2153	50	2000
Test 42	⅝-in. Ply. wardrobe w/ fire-ret. (int. fin. later)	30	1.1722	100	5000
Test 43	Repeat of ½-in. Plywood wardrobe 67.62 kg	30	1.1722	50	3000
Test 44	⅝-in. Ply. wardrobe w/ F-R., latex paint 37.26 kg	90	0.1302	30	2900
Test 45	Chair F21 28.34 kg (large hood)	100	0.1055	120	2100
Test 46	Chair F21 28.34 kg	45	0.5210	130	2600
Test 47	Chair adj. back metal frame, foam cush. 20.8 kg	170	0.0365	30	250
Test 48	Easychair CO7 11.52 kg	175	0.0344	90	950
Test 49	Easychair 15.68 kg (F-34)	200	0.0264	50	200
Test 50	Chair metal frame minimum cushion 16.52 kg	200	0.0264	120	3000
Test 51	Chair molded fiberglass no cushion 5.28 kg	120	0.0733	20	35
Test 52	Molded plastic patient chair 11.26 kg	275	0.0140	2090	700
Test 53	Chair metal frame w/ padded seat and back 15.5 kg	350	0.0086	50	280
Test 54	Loveseat metal frame w/ foam cushions 27.26 kg	500	0.0042	210	300
Test 55	Group chair metal frame w/ foam cushion 6.08 kg	Never exceeded 50 kW heat release rate			
Test 56	Chair wood frame w/ latex foam cushions 11.2 kg	500	0.0042	50	85
Test 57	Loveseat wood frame w/ foam cushions 54.60 kg	350	0.0086	500	1000
Test 61	Wardrobe ¾-in. particleboard 120.33 kg	150	0.0469	0	1200
Test 62	Bookcase plywood w/ aluminum frame 30.39 kg	65	0.2497	40	25
Test 64	Easychair molded flexible urethane frame 15.98 kg	1000	0.0011	750	450
Test 66	Easychair 23.02 kg	75	0.1876	3700	600
Test 67	Mattress and boxspring 62.36 kg (later fire growth)	350	0.0086	400	500
Test 67	Mattress and boxspring 62.36 kg (initial fire growth)	1100	0.0009	90	400