



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 240-8249/532-2143
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1986,
ABNT—Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

AGO 1986

NBR 9442

Materiais de construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante

Método de ensaio

Origem: Projeto 00:001.03-029/1984
CB-24 - Comitê Brasileiro de Segurança contra Incêndio
GT-1 - Grupo de Trabalho de Portas Corta-Fogo
Esta Norma foi baseada na ANSI/ASTM E 162/1979
Incorpora Errata nº 1, de NOV 1988

Palavras-chave: Incêndio. Material de construção

15 páginas

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Documento complementar
- 3 Definições
- 4 Aparelhagem
- 5 Corpos-de-prova
- 6 Execução dos ensaios
- 7 Cálculos
- 8 Resultados
- ANEXO A - Figuras
- ANEXO B - Calibração da aparelhagem
- ANEXO C - Exemplo de cálculo do fator de propagação de chama (P_c)
- ANEXO D - Exemplos de curvas ajustadas
- ANEXO E - Classificação dos materiais

1 Objetivo

Esta Norma prescreve o método para determinar o índice de propagação superficial de chama em materiais de construção⁽¹⁾.

1.1 O índice obtido por este ensaio é aplicável para medir e descrever a propagação superficial de chama nos materiais e não deve ser utilizado para fixar o grau de segurança contra incêndio; entretanto, os valores obtidos permitem verificar comparativamente qual o material mais conveniente para a segurança contra incêndio, por ocasião do levantamento dos fatores que fixam este grau de segurança para um projeto particular face a incêndio real.

⁽¹⁾ Para materiais de revestimento de piso, consultar a NBR 8660.

2 Documento complementar

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 8660 - Revestimento de piso - Determinação da densidade crítica de fluxo de energia térmica - Método de ensaio

3 Definições

Para efeito desta Norma são adotadas as definições constantes em 3.1 a 3.4.

3.1 Índice de propagação de chama

Produto do fator de evolução do calor pelo fator de propagação de chama.

3.2 Fator de evolução do calor

Relação entre a variação da temperatura no ensaio, devida à queima do material, e a razão de desenvolvimento do calor.

3.3 Fator de propagação de chama

Velocidade com que a chama percorre a superfície do material nas condições de ensaio.

3.4 Razão de desenvolvimento do calor

Constante de aparelhagem obtida através de calibração.

4 Aparelhagem

Para a realização deste ensaio é necessária a aparelhagem descrita em 4.1 a 4.11 (Figura 1 do Anexo A).

4.1 Painel radiante

4.1.1 O painel consiste em placa porosa de cerâmica refratária com superfície radiante medindo 300 mm x 460 mm, fixada a uma armação de ferro fundido e alimentada com mistura de carburante propano e ar possibilitando temperatura de operação de até 800°C.

4.1.2 A mistura carburante é feita em um aspirador tipo Venturi, cuja pressão de trabalho é próxima da atmosfera, com o ar injetado por exaustor centrífugo ou equivalente que forneça 50 L/s de ar à pressão de 700 Pa, passando por um filtro para evitar que partículas obstruam os poros do painel.

4.1.3 São utilizadas válvulas reguladoras de pressão e de controle de vazão na alimentação de propano e de ar, além de válvula de fechamento rápido para o propano.

4.2 Suporte do corpo-de-prova

4.2.1 O suporte é construído de aço inoxidável com as dimensões e a forma indicada na Figura 2 do Anexo A.

4.2.2 O suporte dispõe de marcas na face frontal ao painel radiante, paralela à superfície do corpo-de-prova, a intervalos de 76 mm a contar da borda superior.

4.2.2.1 A marca distante 76 mm da borda superior do suporte é denominada primeira marca; a marca distante 152 mm da borda superior é denominada segunda marca e assim por diante até a quinta marca.

4.3 Apoio do suporte do corpo-de-prova

4.3.1 O apoio é constituído por duas barras de aço inoxidável de 13 mm de diâmetro, horizontais e paralelas entre si e ao plano do painel radiante. A distância entre as barras é 492 mm, com a barra superior a 121 mm do plano do painel radiante e 44 mm abaixo da extremidade superior do mesmo painel. O ângulo entre os planos definidos pelas barras e pelo painel radiante é de 30°. A tolerância máxima em relação a estas dimensões é de 3,2 mm (Figura 1 do Anexo A).

4.3.2 A barra superior dispõe de limitador para garantir o posicionamento do corpo-de-prova no centro do painel radiante.

4.4 Chama-piloto

4.4.1 O queimador da chama-piloto deve utilizar acetileno, sendo do tipo de pré-mistura por sucção do ar pelo acetileno. É constituído de tubo de porcelana ou de aço inoxidável de

230 mm de comprimento e 6 mm de diâmetro com dois furos de 1,5 mm de diâmetro na extremidade, conforme a Figura 3 do Anexo A.

4.4.2 O queimador é montado na horizontal, de modo a formar ângulo de 15° a 20° com a horizontal do plano do corpo-de-prova. Sua extremidade dista 19 mm da lateral do suporte do corpo-de-prova, conforme indicado na Figura 5 do Anexo A e de tal forma que a chama-piloto seja aplicada em uma região do corpo-de-prova com 12 mm de largura a partir da borda superior e a 6 mm do lado mais próximo da abertura do corpo-de-prova.

4.5 Chaminé

4.5.1 Constituída por chapa de aço de 1,0 mm de espessura, estando sua posição em relação ao corpo-de-prova e ao painel radiante indicado na Figura 1 do Anexo A.

4.6 Termopares

4.6.1 São usados oito termopares de cromel-alumel de 0,5 mm de diâmetro, montados no interior da chaminé com isoladores de porcelana, apoiados em placa de amianto e ligados em paralelo, conforme as Figuras 1 e 4 do Anexo A.

4.6.2 Cada junta de termopar é fundida após ter suas pontas enroladas.

4.7 Registrador de temperatura

4.7.1 Para registrar a variação da temperatura na chaminé continuamente durante o ensaio é utilizado um potenciômetro registrador, calibrado para operar na faixa de 0°C a 600°C.

4.8 Exaustão

4.8.1 Para retirar a fumaça é colocado acima da chaminé um tubo de exaustão com aspirador.

4.8.2 A superfície do tubo de exaustão é separada do topo e das laterais da chaminé por vãos mínimos de 250 mm e 190 mm, respectivamente.

4.8.3 A exaustão do ar é efetuada com velocidade de 0,5 m/s no topo da chaminé com o painel radiante desligado e aproximadamente 1,3 m/s com o painel radiante na temperatura de operação⁽²⁾.

4.9 Pirômetro ótico

4.9.1 A radiação térmica do painel é medida com pirômetro ótico colocado a 1,2 m de distância e de modo a visualizar área circular de 250 mm de diâmetro na superfície do painel radiante.

4.9.2 O pirômetro ótico deve ser calibrado em relação à temperatura de um corpo negro.

4.10 Potenciômetro

4.10.1 Para medir a corrente elétrica gerada pelo pirômetro ótico, utiliza-se potenciômetro com faixa de operação adequada às características do pirômetro.

⁽²⁾ A variação da velocidade do ar através da chaminé não é fator crítico do ensaio.

4.11 Cronômetro

4.11.1 Utiliza-se cronômetro com resolução de pelo menos 0,5 s.

4.12 Corpo-de-prova padrão

4.12.1 Deve ser utilizado como corpo-de-prova padrão uma placa de silicato de cálcio com massa específica nominal de 740 kg/m³, com 150 mm de largura, 460 mm de comprimento e 19 mm de espessura (ver Figura 7 do Anexo B).

4.12.2 A placa deve ter orifícios de 27 mm de diâmetro ao longo do eixo longitudinal, localizados nas direções das marcas do suporte definidas em 4.2.2.

4.13 Radiômetro

4.13.1 O radiômetro para medir a intensidade da radiação térmica nos vários pontos do corpo-de-prova padrão deve ser do tipo Schmidt-Boelter, refrigerado a água à temperatura entre 15°C e 25°C⁽³⁾.

4.13.2 O radiômetro deve operar na faixa de 0 W/cm² a 3,5 W/cm² e ser calibrado para a faixa de 0,1 W/cm² a 3,5 W/cm².

5 Corpos-de-prova

5.1 Dimensões e número de corpos-de-prova

Da amostra representativa do material a ser ensaiado, devem ser preparados pelo menos quatro corpos-de-prova idênticos, que devem ter dimensões de 150 mm por 460 mm.

5.2 Preparação dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova devem ser preparados de modo a reproduzir o mais fielmente possível as condições de uso do material. Em ensaios comparativos ou quando as condições de uso não são especificadas, os corpos-de-prova devem ser preparados como descrito em 5.2.1 a 5.2.9.

5.2.1 Materiais laminados opacos à radiação infravermelha com espessura maior que 1,6 mm dispensam aplicação sobre substrato.

5.2.2 Materiais laminados opacos com espessura superior a 1,6 mm ou películas de tinta a serem aplicadas sobre substrato combustível devem ser aplicados sobre "chapa dura temperada" (material celulósico prensado) de 6,0 mm de espessura. Devem ser obedecidas as instruções específicas que acompanham os materiais no que diz respeito à aplicação.

5.2.3 Películas de tinta ou materiais a serem aplicados sobre substrato incombustível devem ser aplicados sobre superfície lisa de placa de cimento-amianto de 6,0 mm de espessura. Devem ser obedecidas as instruções específicas do fabricante no que diz respeito à aplicação. Na falta destas, a espessura mínima do material aplicado deve ser de 0,8 mm.

5.2.4 Materiais laminados transparentes ou translúcidos de qualquer espessura não devem ser aplicados a um substrato, mas devem ser apoiados contra uma lâmina de alumínio polido.

5.2.5 Materiais, incluindo tecidos, que ao invés de se destinarem à aplicação sobre substrato sejam utilizados presos ou suspensos por uma ou mais bordas, devem ser montados sobre base constituída por chapa de amianto de 13 mm de espessura, revestida em uma face por lâmina de alumínio polido, sobre a qual é colocada moldura de amianto de seção 13 mm x 13 mm. O material deve ser colocado sobre a moldura. No caso de tecidos ou outros materiais flexíveis, o material deve ser cortado nas dimensões de 255 mm por 560 mm, dobrado em volta da moldura e preso na face posterior da chapa de amianto, com tensão suficiente apenas para evitar rugas.

5.2.6 No caso de materiais celulares flexíveis, o corpo-de-prova deve ser protegido lateralmente e na parte traseira com folha de alumínio polido de 0,05 mm de espessura a serem apoiados em uma placa de cimento-amianto de 3 mm de espessura. O corpo-de-prova deve ser apoiado com auxílio de tela de arame com bitola de 0,52 mm² a 0,32 mm² 20 AWG a 22 AWG, de malha hexagonal de 25 mm, colocada na face exposta à radiação.

5.2.7 Materiais de acabamentos, incluindo laminados, ladrilhos, tecidos e outros, a serem aplicados à base com adesivos, bem como materiais laminados utilizados sem base, devem ser ensaiados levando-se em consideração possível aumento na propagação de chamas ou riscos associados, devido a trincas, descamação, separação de lâminas ou outra maneira de separação do material. O aumento na propagação de chamas pode ser causado por chamejamento na face reversa do corpo-de-prova por ignição do adesivo ou material da base. A determinação da existência desses fenômenos deve ser feita segundo descrito em 5.2.7.1 a 5.2.7.4.

5.2.7.1 Um ou mais corpos-de-prova devem ser ensaiados obedecendo ao procedimento de ensaio para determinação da propagação de chamas conforme 5.2.9.

5.2.7.2 Materiais que tendem a apresentar separação de lâminas durante o ensaio ou outra maneira de separação, ou que se desprendam do suporte, devem ser ensaiados novamente utilizando-se um ou mais corpos-de-prova nos quais o material seja retido no suporte com o auxílio da tela de arame, conforme descrito em 5.2.6.

5.2.7.3 Os materiais descritos em 5.2.7, ensaiados de acordo com 5.2.7.1 ou 5.2.7.2 combinados, devem ser ensaiados adicionalmente em um ou mais corpos-de-prova da seguinte forma: nos corpos-de-prova deve ser feita uma ranhura longitudinal a 25 mm de uma das bordas do corpo-de-prova e cinco ranhuras transversais distantes 102 mm entre si e a 25 mm das bordas superior e inferior, resultando 4 seções de 102 mm x 127 mm, presas por trás pelo material de base ou por adesivo. As ranhuras devem ter uma largura máxima de 1,6 mm. Os materiais laminados utilizados sem base devem ser ranhurados até 3/4 da sua espessura. Os materiais aplicados à base devem ser ranhurados em toda sua espessura.

⁽³⁾ O radiômetro e o corpo-de-prova padrão são utilizados em conjunto para levantar o perfil da densidade do fluxo de energia térmica.

5.2.7.4 O ensaio definitivo do material deve ser conduzido sob a condição apropriada, selecionada entre as descritas em 5.2.7.1 a 5.2.7.3, e que resulte no índice de propagação de chama mais elevado. No entanto, se nos corpos-de-prova ranhurados, conforme descrito em 5.2.7.3, um aumento do índice de propagação de chama puder ser atribuído à propagação acelerada da chama dentro das ranhuras, o ensaio deve ser conduzido da maneira convencional, sem as ranhuras.

5.2.8 Materiais de acabamento previstos para uso sem fixação à base e aqueles ensaiados sem serem aplicados a uma base devem ser montados com auxílio da tela de arame descrita em 5.2.6, se o ensaio inicial de inflamabilidade do material indicar derretimento, amolecimento, trincamento ou queda do corpo-de-prova do suporte.

5.2.9 Todos os materiais, exceto os com espessura acima de 19 mm, devem ser ensaiados apoiados sobre uma chapa dura de amianto de 13 mm de espessura, com massa específica de aproximadamente 960 kg/m³. Para proteger a superfície não exposta do corpo-de-prova, uma tira de papel amianto de 25 mm x 152 mm deve ser colocada na borda superior do mesmo e dobrada para trás, se for o caso.

5.3 Condicionamento

5.3.1 Os corpos-de-prova devem ser mantidos em estufa com ventilação forçada a $(60 \pm 3)^\circ\text{C}$ por 24 h e a seguir condicionados até o equilíbrio em câmara climatizada com temperatura de $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $(50 \pm 5)\%$.

6 Execução dos ensaios

6.1 Preparação da aparelhagem

6.1.1 Ignizar a mistura gás-ar que passa pelo painel radiante deixando-o aquecer por 30 min.

6.1.2 Ajustar a vazão do gás de modo que a temperatura do painel radiante seja equivalente à de um corpo negro a $(670 \pm 4)^\circ\text{C}$.

6.1.2.1 A equivalência da temperatura é verificada pelo pirômetro ótico calibrado e que esteja de acordo com 4.9.

6.1.3 Ligar o potenciômetro registrador dos termopares da chaminé⁽⁴⁾.

6.1.4 Acender a chama-piloto, cujo comprimento deve ser de 51 mm a 76 mm.

6.1.5 Colocar a chama-piloto, da posição de ensaio conforme 4.4.2.

6.2 Procedimento de ensaio

6.2.1 Colocar o suporte com o respectivo corpo-de-prova sobre o seu apoio, deslocá-lo, colocando-o em frente ao painel radiante, e iniciar a contagem do tempo simultaneamente.

6.2.1.1 O tempo decorrido entre retirar o corpo-de-prova da câmara de condicionamento e o início do ensaio não deve exceder 5 min. Durante este intervalo de tempo, o corpo-de-prova, já no seu suporte, deve ficar em invólucro impermeável ao vapor d'água (por exemplo: saco de polietileno).

6.2.2 Anotar o tempo em que a frente da chama passa pelas marcas feitas a cada 76 mm no suporte ou nas linhas⁽⁵⁾ correspondentes na superfície do corpo-de-prova.

6.2.3 Anotar qualquer fenômeno (relâmpago, fusão, gotejamento, falência, desprendimento do material, retração, fumaça, etc.) ocorrido durante o ensaio.

6.2.4 Encerrar o ensaio ao final de 15 min ou ao final do tempo necessário para a chama percorrer toda a extensão do corpo-de-prova, se este tempo for menor que 15 min, certificando-se de que já tenha sido atingida a máxima temperatura no conjunto de termopares da chaminé.

6.2.5 Anotar a temperatura máxima alcançada na chaminé.

6.2.6 Qualquer frente de chama, pequena ou de curta duração, deve ser considerada quando ultrapassar as marcas de referência definidas em 6.2.2.

7 Cálculos

7.1 Calcular o índice de propagação de chama do corpo-de-prova segundo a fórmula:

$$I_p = P_c \cdot Q$$

Onde:

I_p = índice de propagação superficial de chama

P_c = fator de propagação de chama

Q = fator de evolução do calor

7.2 Calcular o fator de propagação de chama (P_c), utilizando o gráfico do tempo de propagação da frente de chama pela distância que esta frente atinge no corpo-de-prova, adotado o procedimento descrito em 7.2.2 e o processo de cálculo descrito em 7.2.1 a 7.2.3.

7.2.1 Traçar um gráfico, lançando no eixo das abscissas o tempo, em minutos, em que a frente de chama atinge as marcas existentes no suporte do corpo-de-prova, conforme 4.2.2. No eixo das ordenadas são lançadas as distâncias entre as marcas, a partir da borda superior do suporte, em milímetros. Serão obtidos neste gráfico de 0 (zero) a 6 pontos, dependendo do desenvolvimento da frente de chama. Para facilidade da aplicação do processo de cálculo, denomina-se de ponto zero aquele correspondente à própria borda superior do suporte e que está associado ao tempo zero correspondente ao início do ensaio; o ponto 1 é aquele obtido com o tempo em que a frente de chama atinge a primeira marca (distante 76 mm da borda superior do pren-

⁽⁴⁾ Os termopares da chaminé devem estar isentos de fuligem. Nos materiais que desenvolvem muita fumaça, a limpeza deve ser feita a cada ensaio.

⁽⁵⁾ Estas linhas podem ser traçadas na superfície do corpo-de-prova, visando facilitar a observação do desenvolvimento da frente de chama, desde que isso não venha a alterar o resultado do ensaio.

dedor); os pontos 2, 3, 4 e 5 são correspondentes aos tempos em que a frente de chama atinge a segunda, terceira, quarta e quinta marcas, respectivamente a 152 mm, 228 mm, 304 mm e 380 mm.

7.2.1.1 Unir os pontos obtidos consecutivamente através de segmentos de reta.

7.2.2 Caso cada um dos segmentos de reta, exceto o primeiro, tenha inclinação menor ou igual à do segmento imediatamente anterior, o fator de propagação de chama será calculado pela fórmula:

$$P_c = 1 + \frac{1}{t_1 - t_0} + \frac{1}{t_2 - t_1} + \frac{1}{t_3 - t_2} + \frac{1}{t_4 - t_3} + \frac{1}{t_5 - t_4}$$

Onde:

P_c = fator de propagação de chama

t_0 = zero

t_1, t_2, t_3, t_4 e t_5 = tempo decorrido desde o início do ensaio até o momento em que a frente de chama atinge a primeira, segunda, terceira, quarta e quinta marcas do corpo-de-prova

7.2.3 Caso qualquer dos segmentos de reta obtidos a partir do ponto 1 tenha inclinação maior do que a do segmento imediatamente anterior, considerar a união do ponto precedente àquele que inicia o segmento com inclinação maior que a do anterior, com o primeiro ponto posterior que inicia um segmento com inclinação menor que a do anterior. Por consequência, são omitidos do gráfico de um a quatro pontos, localizados sempre abaixo do novo segmento de reta traçado⁽⁶⁾.

7.2.4 Usando a fórmula de P_c apresentada em 6.2.2, eliminar as duas parcelas relativas a um único ponto omitido e/ou três a cinco parcelas envolvendo dois a quatro pontos consecutivos omitidos e, em cada caso, substituí-las por uma nova parcela:

$$k/(t_p - t_a)$$

Onde:

k = número relacionado com o número de pontos omitidos, de acordo com a Tabela

t_p = tempo em minutos correspondente ao primeiro ponto posterior ao ponto omitido ou posterior ao último ponto omitido, no caso de haver dois ou mais consecutivos

ou ainda:

t_p = tempo correspondente ao último ponto (t_5) no caso em que ocorram quatro pontos omitidos

t_a = tempo em minutos correspondente ao ponto imediatamente anterior ao ponto omitido ou ao primeiro dos pontos omitidos, no caso de haver dois ou mais consecutivos⁽⁷⁾

Tabela - Fator k conforme número de pontos omitidos

Número de pontos omitidos	k
Um único ponto	4
Dois pontos consecutivos	9
Três pontos consecutivos	16
Quatro pontos consecutivos	25

7.3 Calcular o fator de evolução do calor pela fórmula:

$$Q = C \cdot T/\beta$$

Onde:

C = constante arbitrária de valor igual a 5,7

T = máxima diferença de temperatura entre a curva temperatura-tempo do corpo-de-prova ensaiado e a curva similar do corpo-de-prova de cimento-amianto utilizado na calibração⁽⁸⁾, ambas levantadas usando os termopares da chaminé, em °C

β = constante do aparelho determinada na calibração, correspondente à elevação média da temperatura na chaminé por unidade de calor injetado (o valor de β deve estar em torno de 40)

8 Resultados

8.1 No documento técnico, contendo os resultados do ensaio, devem constar:

- identificação completa do material, incluindo o fabricante, número de catálogo, condições previstas de aplicação e uso;
- descrição completa do material, incluindo principais constituintes, aspecto, acabamento, forma, espessuras, cor, etc.);
- descrição da preparação do corpo-de-prova referenciando a orientação, adotada com base em 5.2;
- condicionamento a que foram submetidos os corpos-de-prova no caso de ser diferente do descrito em 5.3;
- massas de cada corpo-de-prova ensaiado nas diferentes fases de condicionamento previstas em 5.3;

⁽⁶⁾ No Anexo D apresentam-se alguns exemplos de curvas ajustadas de acordo com os procedimentos descritos em 7.2.3.

⁽⁷⁾ No Anexo C apresenta-se um exemplo elucidativo do cálculo de P_c .

⁽⁸⁾ A calibração da aparelhagem é feita conforme descrito no Anexo B.

- f) número de corpos-de-prova ensaiado;
- g) duração do ensaio de cada corpo-de-prova;
- h) índice de propagação superficial de chama do material nas condições descritas de ensaio, calculado pela média dos índices de propagação superficial de chama, obtidos para cada um dos quatro corpos-de-prova do conjunto ensaiado, acompanhado dos valores máximos e mínimos desse conjunto;
- i) a palavra "relâmpago", entre parênteses, logo após o índice de propagação de chama, quando tiver ocorrido propagação rápida que não se manteve por mais de 2 s em qualquer intervalo (espaço entre duas marcas consecutivas do prendedor) de algum dos corpos-de-prova;
- j) a indicação da ocorrência de escoamento ou gotejamento de materiais incandescentes, assim como o tempo de ocorrência;
- k) qualquer outro fenômeno observado no decorrer do ensaio de qualquer dos corpos-de-prova;
- l) citação deste método;
- m) classificação do material conforme Anexo E.

/ANEXO A



Unid.: mm

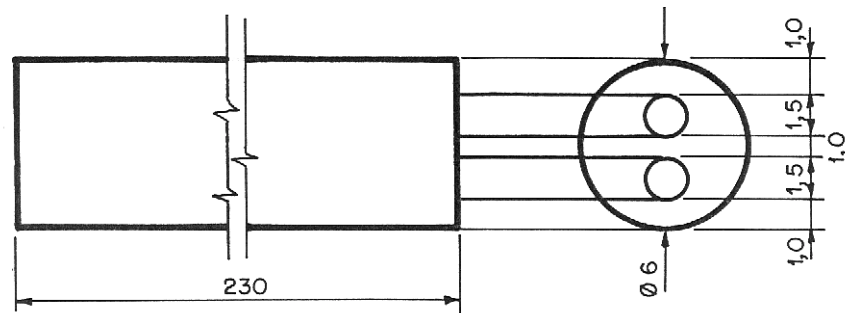


Figura 3 - Queimador de chama-piloto

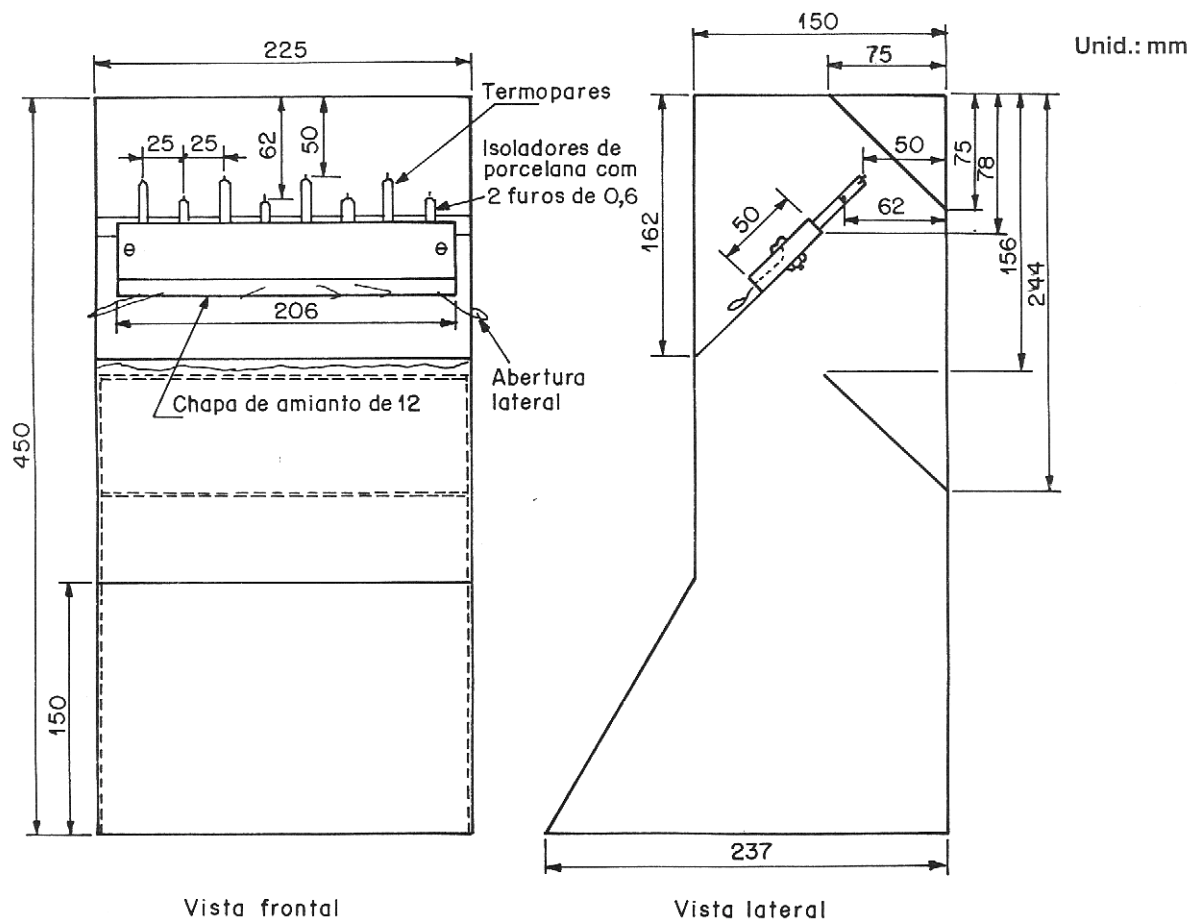


Figura 4 - Termopares na chaminé

Unid.: mm

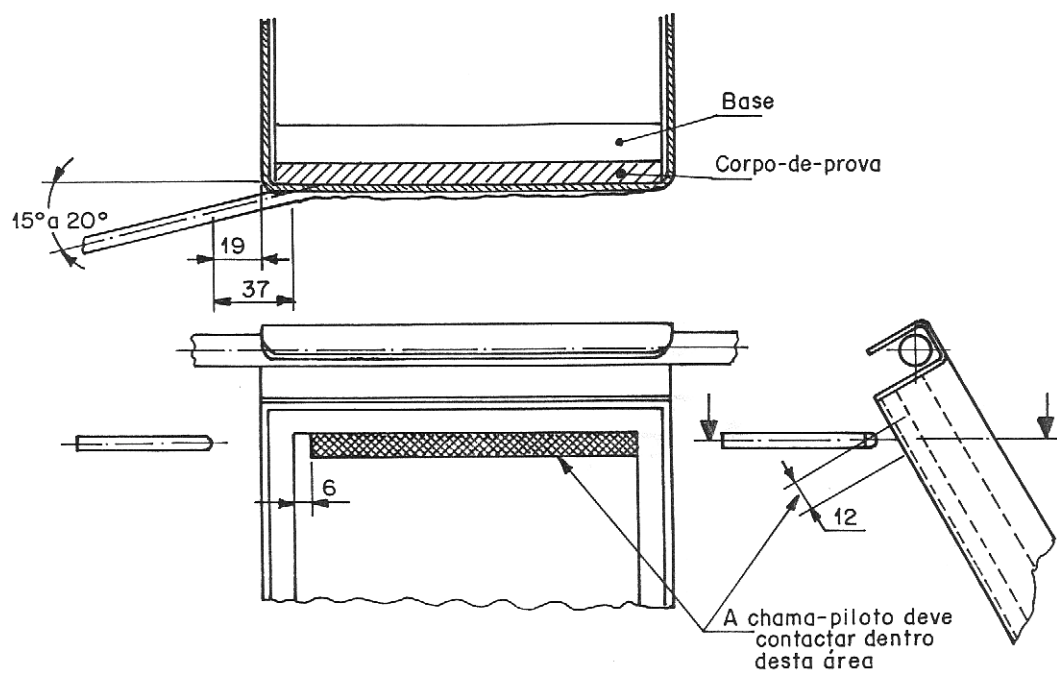


Figura 5 - Posição do queimador e da chama com relação ao corpo-de-prova

/ANEXO B

ANEXO B - Calibração da aparelhagem

B-1 Calibração do painel radiante

B-1.1 O painel radiante, à temperatura equivalente à de um corpo negro a 670°C, deve emitir sobre a superfície do corpo-de-prova um fluxo de energia térmica variável com a distância entre ambos, de acordo com a Figura 6.

B-1.2 A calibração deve ser executada com o uso do radiômetro descrito em 4.13 introduzido por curtos intervalos de tempo em distintos orifícios existentes no corpo-de-prova padrão descrito em 4.12. Os orifícios existentes no corpo-de-prova padrão devem estar de acordo com a Figura 7.

B-1.2.1 O fluxo de energia térmica medido em cada um dos orifícios deve-se enquadrar nos seguintes intervalos:

- a) no orifício correspondente à marca de 76 mm, $(3,03 \pm 0,05) \text{ W/cm}^2$;
- b) no orifício correspondente à marca de 152 mm, $(2,39 \pm 0,05) \text{ W/cm}^2$;
- c) no orifício correspondente à marca de 228 mm, $(1,81 \pm 0,05) \text{ W/cm}^2$;
- d) no orifício correspondente à marca de 304 mm, $(1,25 \pm 0,05) \text{ W/cm}^2$;
- e) no orifício correspondente à marca de 380 mm, $(0,78 \pm 0,05) \text{ W/cm}^2$;

B-1.2.2 Após a introdução do radiômetro no orifício, deve-se aguardar em torno de 30 s para anotar a tensão resultante expressa em mV.

B-1.3 O queimador da chama-piloto deve ser mantido apagado durante a calibração do painel.

B-1.4 Antes da realização do ensaio, é necessário levantar o perfil da densidade de fluxo de energia térmica, usando o corpo-de-prova padrão. Quando este ensaio é realizado freqüentemente, admite-se levantar o perfil pelo menos uma vez por semana e quando o intervalo entre ensaios for maior que uma semana, o perfil deve ser levantado antes da realização de uma série de ensaios.

B-1.5 Após o levantamento do perfil de densidade de fluxo de energia térmica, utiliza-se o pirômetro ótico colocado a 1,20 m de distância, de modo a abranger área circular de 250 mm de diâmetro na superfície do painel radiante. Anota-se em seguida a tensão expressa em mV gerada pelo pirômetro ótico que corresponde à temperatura em que um corpo negro emitiria, à mesma irradiação que é emitida pelo painel. Este procedimento deve ser empregado cada vez que o painel for colocado em operação.

B-2 Calibração da chaminé

B-2.1 Com painel radiante em operação conforme 6.1.2 e o exaustor mantendo a velocidade de 1,3 m/s na chaminé e sem que o corpo-de-prova esteja colocado em frente ao painel, obter temperaturas na chaminé entre 180°C e 230°C.

B-2.1.1 Preparar um corpo-de-prova com placa de cimento-amianto e colocá-lo em frente ao painel radiante. Ignizar o queimador colocado na posição descrita em 4.4.2 e ajustar

a chama-piloto de modo a obter um comprimento de chama entre 150 mm e 180 mm cujo cone azul central tenha 25 mm.

B-2.1.2 Registrar continuamente a elevação da temperatura na chaminé. A curva de elevação de temperatura obtida servirá de base para comparação com a elevação de temperatura nos ensaios de materiais.

B-2.2 A constante β da aparelhagem será determinada como segue.

B-2.2.1 Colocar em frente ao painel radiante o corpo-de-prova de cimento-amianto com apoio traseiro de chapa de amianto de 13 mm de espessura e anotar a temperatura de equilíbrio da chaminé que será usada como base para o procedimento de B-2.2.5.

B-2.2.2 Preparar um queimador com comprimento entre 300 mm e 380 mm de tubo de ferro forjado ou de aço, tendo uma das extremidades fechada e contendo dez furos de 1,8 mm de diâmetro, espaçados em 16 mm ao longo do eixo do tubo.

B-2.2.3 Colocar a linha central do queimador na posição horizontal e a 25 mm da superfície do corpo-de-prova logo abaixo do extremo superior do mesmo. A parede do tubo deve estar em contato com os dois lados do suporte do corpo-de-prova, de modo que os furos estejam centrados em relação ao corpo-de-prova. Os eixos dos furos devem estar na vertical, de modo que as chamas do queimador atinjam o topo ou a proximidade do topo do corpo-de-prova de cimento-amianto. O tipo e a orientação da chama amarela produzida, é comparável à de um corpo-de-prova em chamas durante o ensaio.

B-2.2.4 Ignizar o queimador colocado na posição descrita em 4.4.2 e ajustar a chama-piloto, de modo a obter um comprimento de chama entre 150 mm e 180 mm, cujo cone azul central tenha 25 mm.

B-2.2.5 Registrar a temperatura máxima da chaminé em relação à temperatura base para cada fluxo de gás injetado no queimador. Aguardar por 10 min após a aplicação de cada fluxo de gás para a estabilização da temperatura na chaminé.

Notas: a) O gás de alimentação do queimador na calibração deve ser o metano industrializado ou o gás natural ou a combinação destes dois gases.

b) A vazão do gás do queimador na calibração deve ser medida por meio de um fluxômetro calibrado.

B-2.2.6 Usar o valor do poder calorífico superior do gás para calcular a quantidade de calor introduzido pelo gás.

B-2.2.7 Fazer a correção do volume do gás utilizado quanto à umidade, temperatura e pressão. O volume do gás deve ser expresso à temperatura padrão de 15,6°C e à pressão padrão de 101,325 kPa e sem umidade.

B-2.2.8 Correlacionar a temperatura máxima da chaminé, em °C, com a correspondente quantidade de calor introduzido, em kW. A inclinação desta reta que passa pelos pontos obtidos é o valor de β utilizado na fórmula do cálculo do índice de propagação de chama.

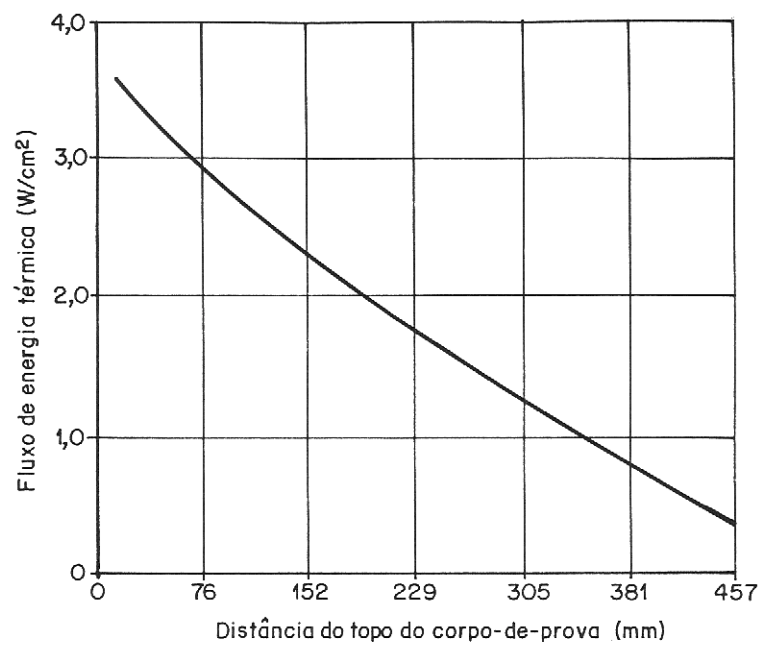


Figura 6 - Perfil da densidade de fluxo de energia térmica



Unid.: mm

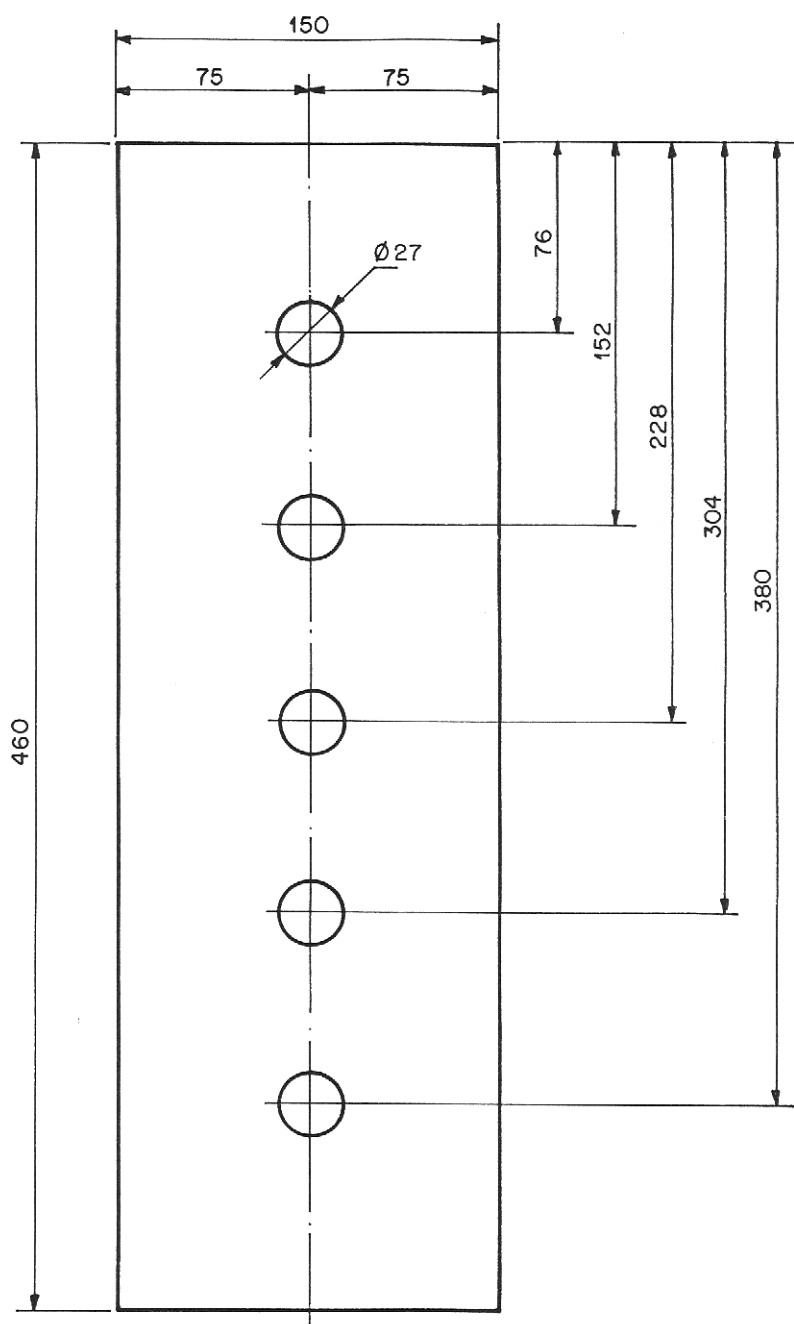


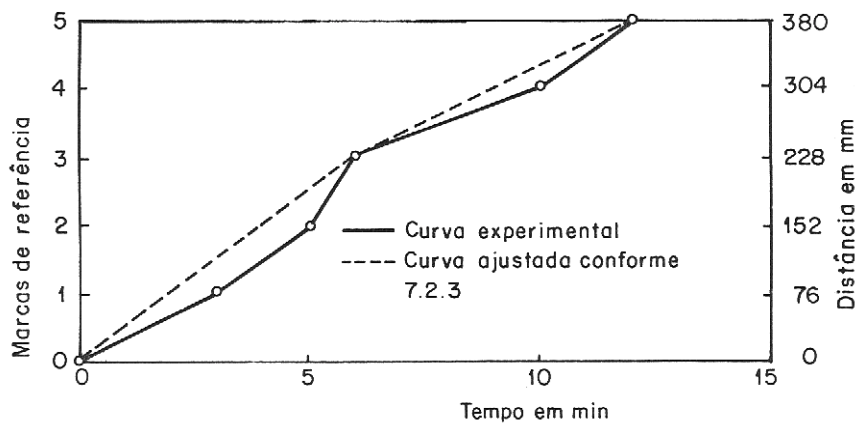
Figura 7 - Corpo-de-prova padrão

/ANEXO C

ANEXO C - Exemplo de cálculo do fator de propagação de chama (P_c)

C-1 Gráfico

C-1.1 Supondo que os tempos obtidos segundo o procedimento descrito em 6.2.2 sejam $t_1 = 3$ min; $t_2 = 5$ min; $t_3 = 6$ min; $t_4 = 10$ min e $t_5 = 12$ min, traça-se o gráfico segundo 7.2.1:



C-1.2 Para este exemplo, os pontos obtidos a partir de t_1 , t_2 e t_4 são chamados pontos omitidos segundo as considerações descritas em 7.2.3.

C-2 Cálculo

C-2.1 Na fórmula de P_c apresentada em 7.2.2, substituindo-se as parcelas $\frac{1}{t_1 - t_0}$, $\frac{1}{t_2 - t_1}$ e $\frac{1}{t_3 - t_2}$ por $\frac{k}{t_3 - t_0}$ e as parcelas $\frac{1}{t_4 - t_3}$ e $\frac{1}{t_5 - t_4}$ por $\frac{k}{t_5 - t_3}$, k assume respectivamente os valores 9 e 4 conforme a Tabela.

C-2.2 O cálculo do fator de propagação de chama é feito então pela expressão:

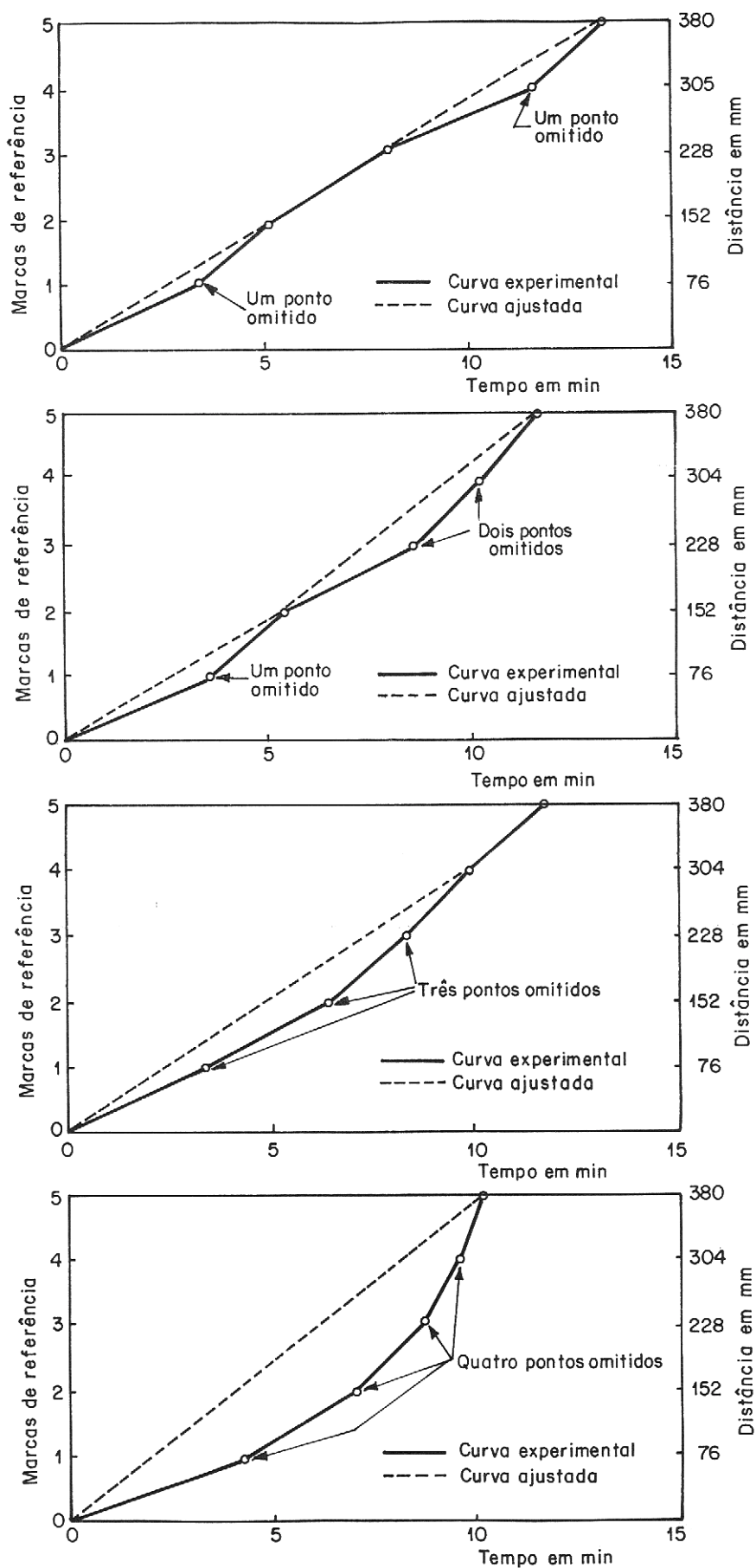
$$P_c = 1 + \frac{9}{t_3 - t_0} + \frac{4}{t_5 - t_3},$$

que com os valores hipotéticos adotados fornece:

$$P_c = 1 + \frac{9}{6 - 0} + \frac{4}{12 - 6} = 3,17$$

ANEXO D - Exemplos de curvas ajustadas

Nota: Conforme os procedimentos descritos em 7.2.3.



ANEXO E - Classificação dos materiais

E-1 Materiais de acabamento interno de edificações, excluindo os de revestimento do piso, ensaiados conforme esta Norma, devem ser agrupados nas seguintes classes, de acordo com o índice de propagação superficial de chama:

Classe A - Índice de propagação superficial de chama:
0 - 25

Classe B - Índice de propagação superficial de chama:
26 - 75

Classe C - Índice de propagação superficial de chama:
76 - 150

Classe D - Índice de propagação superficial de chama:
151 - 400

Classe E - Índice de propagação superficial de chama:
acima de 400

