

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**Jean Carlos Pierozan**

**PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO  
FOGO EM FACHADAS PELE DE VIDRO**

Avaliador:
Defesa: dia __/__/2016 às _____ horas
Local:UFRGS / Engenharia Nova Oswaldo Aranha, 99, sala 304
<b>Anotações com sugestões para qualificar o trabalho são bem-vindas. O aluno fará as correções e lhe passará a versão final do trabalho, se for de seu interesse.</b>

Porto Alegre  
dezembro 2016

**JEAN CARLOS PIEROZAN**

**PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO  
FOGO EM FACHADAS PELE DE VIDRO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de  
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Ângela Gaio Graeff**

Porto Alegre  
dezembro 2016

**JEAN CARLOS PIEROZAN**

**PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO  
FOGO EM FACHADAS PELE DE VIDRO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, novembro de 2016

Profa. Ângela Gaio Graeff  
PhD. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

Prof. Jean Marie Désir  
Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Relator

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Ângela Gaio Graeff**  
(UFRGS)  
Phd. pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul

**Prof. Jean Marie Désir**  
(UFRGS)  
Dr. pela Universidade Federal do Rio de  
Janeiro

**Profa. Vanessa Fátima Pasa Dutra**  
(UFRGS)  
Dra. pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul

**Cap. Lisiane Coelho Nunes Garcia do  
Nascimento**  
(CBMRS)  
Academia de Polícia Militar – Brigada  
Militar do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, João Carlos e Rosângela, a minhas irmãs, Deise e Julia, a minha namorada, Renata, e a meus amigos que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Profa. Ângela Gaio Graeff, pela orientação e apoio prestados durante todo esse trabalho.

A minha família, em especial os meus pais e minhas irmãs, e a minha namorada por todo o apoio, sempre me incentivando em todas as etapas da minha vida e por terem me proporcionado a oportunidade de seguir meus sonhos.

Ao Eng. Paulo Bellintani pela disponibilização de materiais para a elaboração desse trabalho.

A todos os meus amigos e colegas de faculdade, pelas horas de estudo, trabalhos, provas, e também pelos momentos de diversão.

Chamamos de ética o conjunto de coisas que as pessoas fazem quando todos estão olhando. O conjunto de coisas que as pessoas fazem quando ninguém está olhando chamamos de caráter.

*Oscar Wilde*

## RESUMO

Este trabalho é uma revisão bibliográfica sobre a resistência ao fogo em fachadas pele de vidro. As fachadas pele de vidro são sistemas construtivos relativamente novos em uso, e, como todos os sistemas construtivos, interferem na segurança contra incêndio em edificações. A partir dessa constatação, é necessária a compreensão do comportamento ao fogo em fachadas pele de vidro, a fim de concebê-las resistentes ao fogo. A barreira periférica contra fogo, conforme recomendação norte-americana, é o principal elemento corta-fogo incorporado às fachadas pele de vidro, para torná-las seguras em situações de incêndio. No Brasil, no entanto, há uma escassez de recomendações específicas para a resistência ao fogo em fachada pele de vidro, e, àquelas existentes, não se encontrou comprovação científica. Em grande parte, isso é devido à falta de métodos de ensaio específicos, quanto à resistência ao fogo em fachadas pele de vidro, que garantam a eficiência dessas recomendações. Este trabalho, então, busca reunir, analisar e compilar informações disponíveis na literatura norte-americana sobre o assunto. Ao final do trabalho, são descritos dois métodos de ensaio existentes, destacando-se o método de ensaio ASTM E2307, o qual simula a exposição ao fogo submetida às fachadas pele de vidro na prática, oferecendo, assim, meios para a concepção de fachadas pele de vidro realmente resistentes ao fogo.

Palavras-chave: Fachada Pele de Vidro. Incêndio. Compartimentação. Resistência ao Fogo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Incêndio em fachada pele de vidro .....	13
Figura 2 – Fluxograma indicativo das etapas do trabalho .....	16
Figura 3 – Fachada pele de vidro .....	19
Figura 4 – Esquadrias de alumínio visíveis (colunas) .....	20
Figura 5 – Esquadrias de alumínio pouco aparente, pele de vidro original .....	21
Figura 6 – Esquadrias de alumínio ocultas, pele de vidro <i>structural glazing</i> .....	21
Figura 7 – Sistema <i>Stick</i> .....	22
Figura 8 – Sistema unitizado .....	23
Figura 9 – Ancoragem do montante à supraestrutura do edifício .....	29
Figura 10 – Tetraedro de fogo .....	30
Figura 11 – Curva de evolução do incêndio .....	31
Figura 12 – Fresta entre a estrutura de esquadrias e a supraestrutura do edifício .....	33
Figura 13 – Propagação do fogo pelo lado interno da fachada .....	33
Figura 14 – Propagação do fogo pelo lado externo da fachada .....	34
Figura 15 – Barreira periférica contra fogo .....	35
Figura 16 – Colapso da barreira periférica contra fogo ocasionado pela deformação da fachada pele de vidro .....	36
Figura 17 – Elementos construtivos da barreira periférica contra fogo .....	37
Figura 18 – Aplicação correta do selante .....	39
Figura 19 – Selante proporciona estabilidade à barreira periférica contra fogo .....	39
Figura 20 – Fechamento de fresta com placa de gesso e espuma expansiva .....	40
Figura 21 – Fresta aberta após a conclusão da barreira periférica contra fogo .....	41
Figura 22 – Espaços vazios atrás das ancoragens e no interior dos montantes .....	41
Figura 23 – Parede de vidro corta-fogo .....	49
Figura 24 – Registro corta-fogo em parede de compartimentação .....	50
Figura 25 – Selagem corta-fogo em entreato de compartimentação .....	51
Figura 26 – Compartimentação horizontal na prática .....	52
Figura 27 – Parede de compartimentação corta-fogo .....	53
Figura 28 – Compartimentação em fachadas pele de vidro .....	54
Figura 29 – Detalhes construtivos de fachadas pele de vidro não corta-fogo .....	56
Figura 30 – Proteção do espaço entre a estrutura da edificação e a pele de vidro .....	57
Figura 31 – Provável falha de compartimentação vertical em fachadas pele de vidro com parapeito corta-fogo .....	58



Figura 32 – Isolamento da folha de vidro como elemento corta-fogo instalado na face interna da fachada pele de vidro adjacente à borda da laje .....	59
Figura 33 – Método de ensaio E2307/ISMA .....	62
Figura 34 – Componentes do método de ensaio E2307/ISMA .....	63
Figura 35 – Ensaio de movimento cíclico .....	64
Figura 36 – Configurações possíveis à fachada de teste .....	65
Figura 37 – Característica do incêndio gerado pelo queimador externo em uma fachada de teste com o montante de alumínio centralizado .....	66
Figura 38 – Colapso do isolamento de lã de rocha adjacente a barreira periférica contra fogo .....	67
Figura 39 – Curva tempo-temperatura ISMA/E119 .....	68
Figura 40 – Curva tempo-temperatura E119 .....	69
Figura 41 – Localização de alguns termopares antes do início do ensaio .....	70
Figura 42 – Superfície não exposta da barreira periférica contra fogo após término do ensaio .....	71
Figura 43 – Ensaio de resistência ao fogo em unidade envidraçada .....	73

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AFNOR – *Association Francaise de Normalisation* (Associação Francesa de Normalização)

ASTM – *American Society for Testing and Materials* (Sociedade Americana de Ensaios de Materiais)

DIN – *Deutsches Institut für Normung* (Instituto Alemão de Normalização)

E – Norma ASTM

ISMA – *Intermediate-Scale Multistory Test Apparatus* (Aparato de Ensaio de Múltiplos Andares)

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

NBR – Norma Brasileira

NF – Norma Homologada

NM – Norma Mercosul

TRRF – Tempo Requerido de Resistência ao Fogo

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C – grau Celsius

°F – grau Fahrenheit

h – hora

m – metro

min – minuto

TEMP – temperatura

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	15
2.2 OBJETIVO DE PESQUISA .....	15
2.3 DELIMITAÇÕES .....	15
2.4 LIMITAÇÕES .....	15
2.5 DELINEAMENTO .....	15
<b>3 TECNOLOGIA EM FACHADAS PELE DE VIDRO</b> .....	18
3.1 CONCEITO .....	18
3.2 SISTEMA CONSTRUTIVO .....	20
3.3 COMPONENTES .....	23
3.3.1 Esquadrias de alumínio .....	23
3.3.2 Vidros .....	25
3.3.3 Sistema de fixação .....	28
<b>4 COMPORTAMENTO AO FOGO EM FACHADAS PELE DE VIDRO</b> .....	30
4.1 TECNOLOGIA DO INCÊNDIO .....	30
4.2 RISCO DE INCÊNDIO .....	32
4.3 BARREIRA PERIFÉRICA CONTRA FOGO .....	35
4.3.1 Detalhes construtivos .....	36
4.3.2 Falhas de instalação .....	40
<b>5 RESISTÊNCIA AO FOGO EM FACHADAS PELE DE VIDRO</b> .....	43
5.1 ASPECTOS GERAIS .....	43
5.1.1 Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) .....	44
5.1.2 Classificação de resistência ao fogo .....	45
5.1.3 Compartimentação .....	46
5.2 FACHADA PELE DE VIDRO RESISTENTE AO FOGO .....	47
5.2.1 Fachada pele de vidro corta-fogo .....	47
5.2.2 Elemento corta-fogo .....	55
<b>6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO FOGO EM FACHADAS PELE DE VIDRO</b> ..	60
6.1 MÉTODO DE ENSAIO ASTM E2307 .....	60
6.1.1 Construção do ensaio .....	63
6.1.2 Simulação do incêndio .....	67

<b>6.1.3 Resultados</b> .....	69
<b>6.1.4 Limitação do ensaio</b> .....	71
<b>6.2 ENSAIO DE COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL</b> .....	73
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	75
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	77



## 1 INTRODUÇÃO

As fachadas pele de vidro foram introduzidas nas construções para deixá-las com aspecto mais moderno, abrindo mão da alvenaria tradicional e seus revestimentos. No entanto, há a preocupação da influência que esse novo sistema de fachada traz a segurança contra incêndio das edificações.

A figura 1, a seguir, apresenta o incêndio ocorrido na fachada pele de vidro do edifício *Al Nasser Tower* no ano de 2006, localizado na cidade de *Doha* no *Qatar*; tal magnitude de incêndio foi alcançada, principalmente, por causa da violação das regras de segurança contra incêndio (BIBBO, 2006). Para uma fachada pele de vidro ser considerada segura, ela deve ter a capacidade de resistir ao fogo durante determinado período de tempo para conter a propagação do incêndio, possibilitando a evacuação segura das pessoas e o combate efetivo ao fogo. Assim, evita-se a ocorrência de sinistros de grandes proporções com elevados danos materiais e risco à vida.

Figura 1 – Incêndio em fachada pele de vidro



(fonte: TOMA, 2012, p. 9)

Com a intensificação do uso de fachadas pele de vidro no Brasil, principalmente em edifícios comerciais, onde há grande fluxo de pessoas, torna-se de grande importância o estudo da resistência ao fogo nesse sistema de fachada para prevenir incêndios da magnitude do ocorrido em *Doha* no *Qatar*, conforme apresentado na figura 1. O Corpo de Bombeiros e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) são os principais órgãos responsáveis por determinar as diretrizes relacionadas à resistência ao fogo em sistemas construtivos, a fim de promover a segurança contra incêndio em edificações no Brasil; porém, em relação à resistência ao fogo em fachadas pele de vidro, há uma grande escassez de literatura nacional versando sobre esse assunto.

Esse trabalho, através de uma pertinente pesquisa bibliográfica, abordará principalmente os itens relacionados abaixo, a fim de auxiliar a segurança contra incêndio em edificações que utilizam o sistema construtivo de fachadas pele de vidro:

- a) riscos de incêndio intrínsecos à tecnologia de fachadas pele de vidro;
- b) principais soluções empregadas para conferir às fachadas pele de vidro segurança contra incêndio;
- c) principais métodos de ensaio para verificar a resistência ao fogo em fachadas pele de vidro.



## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: como ocorre a avaliação da resistência ao fogo de fachadas pele de vidro no Brasil, e se ela está de acordo com as recomendações da comunidade técnico-científica norte-americana?

### **2.2 OBJETIVO DA PESQUISA**

O objetivo da pesquisa é analisar as instruções técnicas e os métodos de ensaio preconizados pela comunidade técnico-científica brasileira e norte-americana sobre a resistência ao fogo em fachadas pele de vidro.

### **2.3 DELIMITAÇÕES**

O trabalho delimita-se em analisar as Instruções Técnicas elaboradas pelo Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo; as Normas Técnicas Brasileiras e Norte-Americanas relacionadas à resistência ao fogo em fachadas pele de vidro.

### **2.4 LIMITAÇÕES**

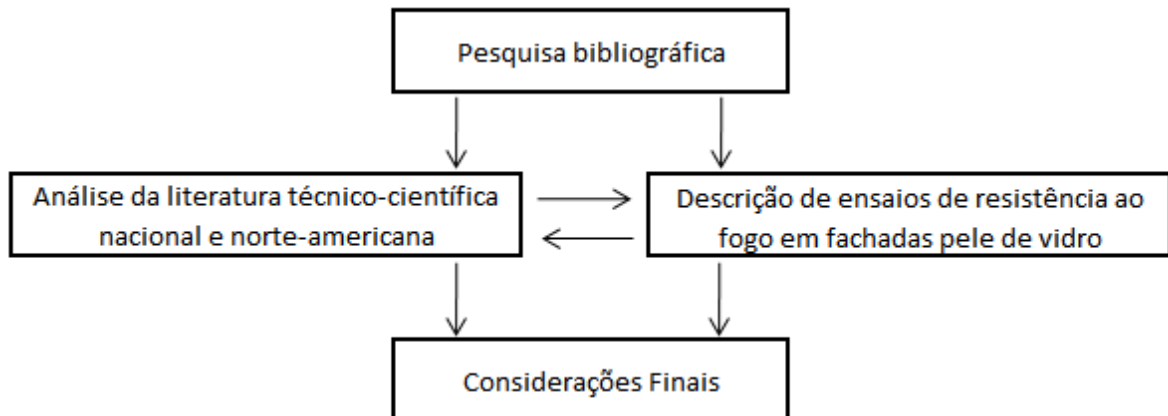
O trabalho limita-se em revisar a bibliográfica gratuita e disponível pela UFRGS sobre a resistência ao fogo em fachadas pele de vidro.

### **2.5 DELINEAMENTO**

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 2 e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) análise da literatura técnico-científica nacional e norte-americana;
- c) descrição de ensaios de resistência ao fogo em fachadas pele de vidro;
- d) considerações finais.

Figura 2 – Fluxograma indicativo das etapas do trabalho



(fonte: elaborada pelo autor)

A pesquisa bibliográfica é o cerne de todo o trabalho. Essa etapa consiste em reunir, principalmente, toda a literatura nacional e a literatura norte-americana pertinente sobre o estudo da resistência ao fogo em fachadas pele de vidro, proporcionando o embasamento teórico sobre a tecnologia em fachadas pele de vidro, o seu comportamento ao fogo e a resistência ao fogo por ela requerida.

A partir da pesquisa bibliográfica, serão analisados criticamente as recomendações do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo e os métodos de ensaio descritos pelas Normas Técnicas Brasileiras quanto à resistência ao fogo em fachadas pele de vidro, comparando-os com as recomendações e métodos de ensaio presentes na literatura técnico-científica norte-americana, destacando-se a *American Society for Testing and Materials* (ASTM).

Por fim, serão descritos métodos de ensaios existentes para verificar a resistência ao fogo de fachadas pele de vidro conforme as exigências do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo e as peculiaridades intrínsecas do sistema construtivo de fachadas pele

de vidro, priorizando os métodos de ensaios desenvolvidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Nas considerações finais, as análises realizadas durante o trabalho serão ponderadas.

### 3 TECNOLOGIA EM FACHADAS PELE DE VIDRO

Esse capítulo tem como objetivo contextualizar a tecnologia de fachadas pele de vidro através das seções a seguir, que envolvem a conceituação, caracterização e descrição do elemento de estudo, do sistema construtivo e seus componentes.

#### 3.1 CONCEITO

As fachadas compreendem uma parte importante no sistema de um edifício: a vedação vertical externa; e seu principal objetivo é separar o ambiente interno da edificação dos agentes atmosféricos externos (OLIVEIRA, 2009, p. 19). Há uma variedade de sistemas construtivos para vedar verticalmente um edifício, a fachada pele de vidro encontra-se no sistema de fachadas-cortina.

Segundo a Norma NBR 10821-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 1), fachada-cortina é composta por "esquadrias interligadas e estruturadas com função de vedação que formam um sistema contínuo, desenvolvendo-se no sentido da altura e/ou largura da fachada da edificação, sem interrupção, por pelo menos dois pavimentos".

A AFNOR NF P 28 001<sup>1</sup> (ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION, 1990 apud OLIVEIRA, 2009, p. 21) define fachada-cortina como sendo uma "fachada leve, constituída de uma ou mais camadas, posicionada totalmente externa à estrutura do edifício (à face exterior das lajes de borda), formando uma pele sobre o mesmo".

Para Khoury<sup>2</sup> (2002 apud VEDOVELLO, 2012, p. 46) a fachada-cortina é um sistema de esquadrias estruturado e contínuo, o qual se difere da vedação externa tradicional: janela e alvenaria. Seus principais requisitos são:

- a) proteger a estrutura da ação do vento;
- b) separar o ar circulante do interior das condições externas;

<sup>1</sup> ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION. **NF P 28 001**: Façade légère– définitions – classification – terminologie. Paris, 1990.

<sup>2</sup> KHOURY, J. **Curtain Walls**. In: KOHN, A. E.; KATZ, P. **Building type basics for office buildings**. New York: John Wiley & Sons, 2002. P 139-181.

- c) controlar a intensidade da luz;
- d) permitir a visualização da paisagem;
- e) mover-se junto com a estrutura do edifício.

Em edificações, onde o apelo estético e a durabilidade são essenciais, lança-se mão de fachadas-cortina envidraçadas, uma vez que, nos últimos anos, o vidro apresentou grande desenvolvimento tecnológico, oferecendo conforto térmico, acústico e luminoso para seus usuários (SANTOS, 2013, p. 17).

Para fins desse trabalho, as Fachadas Pele de Vidro serão definidas como sendo o envoltório de vedação do edifício constituído por esquadrias de alumínio, instaladas perifericamente à estrutura do prédio, sustentando as folhas de vidro e abrangendo toda a altura da edificação, conforme apresentado na figura 3 (ROSSO, 2007, p. 43).

Figura 3 – Fachada pele de vidro



(fonte: SANTOS, 2013, p. 31)

### 3.2 SISTEMA CONSTRUTIVO

Os sistemas construtivos para fachadas pele de vidro foram evoluindo, a fim de esconder a estrutura de esquadrias de alumínio para cada vez mais deixar em evidência as folhas de vidro. Esse processo evolutivo pode ser acompanhado nas figuras 4, 5 e 6.

De acordo com Mario Newton Leme (TAMAKI, 2011, p. 22):

No tradicional, da década de 1960, a estrutura ficava do lado de fora [figura 4], saliente ao vidro. Aí surgiu o sistema chamado pele de vidro, no qual a estrutura passou para a parte de trás do vidro, com o vidro na face externa da fachada. O sistema pele de vidro evoluiu para o sistema de silicone estrutural, no qual a mesma fachada, em vez de ter um perfil, passou a ter vidro colado.

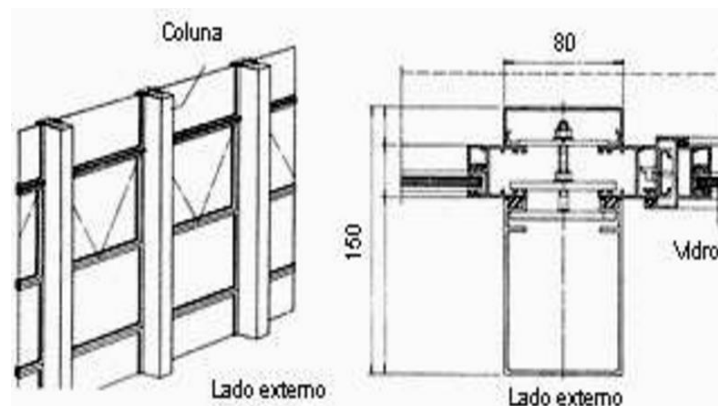
Rosso (2007, p 45) concorda com a evolução da fachada pele de vidro:

A Pele de Vidro é uma fachada-cortina predominantemente de vidro, originalmente com pequenas marcações perimetrais de alumínio. Os perfis estruturais são montados internamente, e as folhas são fixadas frontalmente por meio de presilhas [figura 5].

O sistema [*Structural*] *Glazing* eliminou o alumínio externo, possibilitando a construção de uma fachada totalmente envidraçada. Toda a infra-estrutura fica oculta pelos vidros [...] [figura 6].

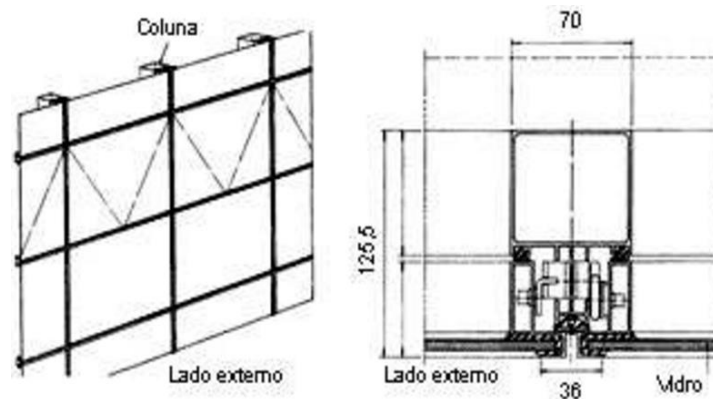
Segundo a Norma NBR 7199 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016, p. 2) *structural glazing* é o "sistema composto por vidros colados em seu perímetro usando adesivos ou fitas estruturais."

Figura 4 – Esquadrias de alumínio visíveis (colunas)



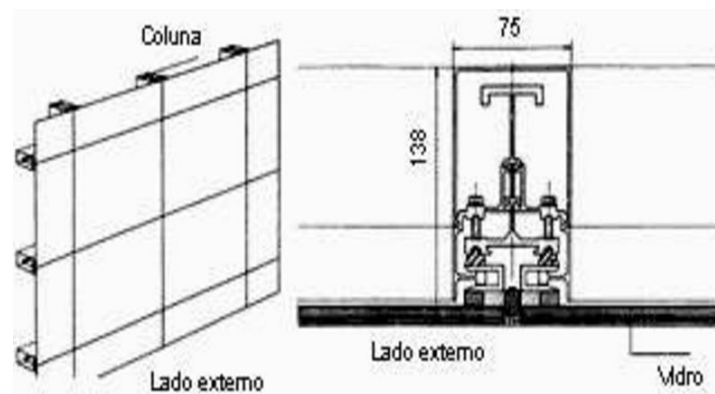
(fonte: SISTEMAS..., 2005)

Figura 5 – Esquadrias de alumínio pouco aparente, pele de vidro original



(fonte: SISTEMAS..., 2005)

Figura 6 – Esquadrias de alumínio ocultas, pele de vidro *structural glazing*



(fonte: SISTEMAS..., 2005)

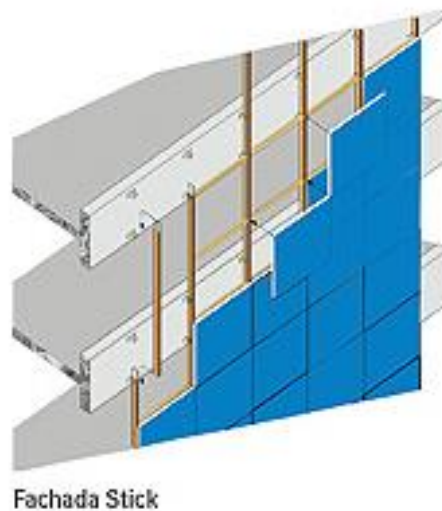
No que diz respeito à estrutura de esquadrias de alumínio que sustenta as folhas de vidro, Khoury (2002 apud VEDOVELLO, 2012, p. 47) "divide os sistemas de fachada-cortina em duas categorias básicas: sistema *stick* ou sistema unitizado [...]".

No sistema *stick*, a estrutura de esquadrias de alumínio, a qual é composta por montantes (colunas) e travessas, e as folhas de vidro são instaladas separadamente em obra (OLIVEIRA, 2009, p. 25). Os montantes são fixados na estrutura do edifício através de ancoragens chumbadas às vigas de borda, logo após as travessas são instaladas perpendicularmente aos montantes, e, por fim, são fixadas as folhas de vidro, conforme ilustrado na figura 7 (TAMAKI, 2011, p. 20).

Segundo a Norma NBR 10821-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 10) montantes, travessas e folhas de vidro são descritos, respectivamente, da seguinte maneira:

- a) elementos verticais das esquadrias;
- b) elementos horizontais das esquadrias, responsáveis pela sustentação das folhas de vidro;
- c) partes fixas ou móveis das esquadrias, onde são fixadas as placas de vidro.

Figura 7 – Sistema *stick*

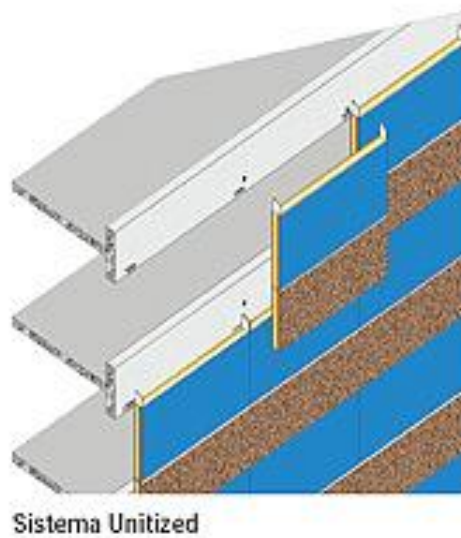


(fonte: ROSSO, 2007, p. 44)

O sistema unitizado caracteriza-se pelos seus painéis modulares, eles são constituídos de montantes, travessas e folha de vidro montados em unidades fabris, podendo ser em fábricas especializadas ou no próprio canteiro de obra. Os painéis são transportados até o edifício, e lá são fixados na estrutura através de ancoragens, conforme ilustrado na figura 8 (OLIVEIRA, 2009, p. 25).



Figura 8 – Sistema unitizado



(fonte: ROSSO, 2007, p. 44)

### 3.3 COMPONENTES

Os componentes para a fabricação e instalação do sistema de fachadas pele de vidro são os seguintes (SOUZA, 2008, p. 202):

- a) esquadrias de alumínio;
- b) vidros;
- c) sistema de fixação:
  - parafusos;
  - chumbadores.
- d) produtos de vedação:
  - gaxetas;
  - escovas;
  - selantes.

#### 3.3.1 Esquadrias de alumínio

Nas fachadas pele de vidro, a estrutura de esquadrias é composta por perfis de alumínio (montantes e travessas), os quais são fabricados pelo processo de extrusão (OLIVEIRA, 2009,

p. 56). Segundo a Norma NBR 6599 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 7) extrusão é o "processo de transformação termomecânica, no qual um tarugo de metal é reduzido em sua seção transversal quando forçado a fluir através de um orifício de uma matriz, sob efeito de altas pressões e temperatura".

De acordo com a Norma NBR 15329 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 2) "Os produtos extrudados [perfis de alumínio] devem ser produzidos [...] conforme opção do produtor ou fornecedor, desde que cumpridos os requisitos estabelecidos nesta Norma", como também de acordo com as seguintes Normas:

- a) ABNT NBR 7000, Alumínio e suas ligas – Produtos extrudados com ou sem trefilação – Propriedades mecânicas;
- b) ABNT NBR 8116, Alumínio e suas ligas – Produtos extrudados – Tolerâncias dimensionais;
- c) ABNT NBR 8117, Alumínio e suas ligas – Arames, barras, perfis e tubos extrudados – Requisitos;
- d) ABNT NBR 14229, Ligas de alumínio – Perfis extrudados sólidos ou tubulares para fins estruturais – Requisitos;
- e) ABNT NBR ISO 209, Alumínio e suas ligas – Composição química;
- f) ABNT NBR NM ISO 2107, Alumínio e suas ligas – Produtos trabalháveis – Designação das têmperas.

Deve-se também observar o processo de corrosão que o alumínio sofre quando é exposto à atmosfera (SANTOS, 2013, p. 18). A Norma NBR 10821-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011b, p. 2) sugere que "Os perfis de alumínio devem ser protegidos por anodização ou pintura [...]", conforme as seguintes Normas:

- a) ABNT NBR 12609, Alumínio e suas ligas – Tratamento de superfície – Anodização para fins arquitetônicos – Requisitos;
- b) ABNT NBR 12613, Alumínio e suas ligas – Tratamento de superfície – Determinação da selagem de camadas anódicas – Método da absorção de corantes;
- c) ABNT NBR 14125, Alumínio e suas ligas – Tratamento de superfície – Revestimento orgânico para fins arquitetônicos – Requisitos.

Segundo a Norma NBR 6599 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 14) anodização é o "processo eletrolítico que promove a formação de uma camada controlada e uniforme de óxido na superfície do alumínio [...]".

Em todas as Normas citadas anteriormente, não foi encontrado nenhum comentário sobre a resistência ao fogo em perfis de alumínio, como também a segurança contra incêndio em esquadrias de alumínio.

### 3.3.2 Vidros

O vidro plano transparente é o mais utilizado no mercado, pois, ao receber tratamento, pode gerar diversos tipos de vidros (CASELLI, 2011, p. 17). Segundo a Norma NBR NM 293 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 12), o vidro plano é "[...] obtido pelo processo de fabricação *float* ou estirado, podendo ser beneficiado e transformado [...]" nos seguintes produtos:

- a) vidro curvo;
- b) temperado;
- c) laminado;
- d) espelho;
- e) metalizado; entre outros.

De acordo com a NBR NM 294 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b, p. 2), o vidro *float* caracteriza-se por ser:

[...] Vidro de silicato sodocálcico, plano, transparente, incolor ou colorido em sua massa, de faces paralelas e planas, que se obtém por fundição contínua e solidificação no interior de um banho de metal fundido.

Em fachadas, por exemplo, a pele de vidro, os vidros utilizados devem ser especificados conforme a sua localização vertical na extensão do pé-direito de cada pavimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016, p. 27):

- a) a partir do primeiro pavimento (inclusive), abaixo da cota de 1,10 m em relação ao piso:
  - vidro laminado de segurança;
  - vidro aramado;
  - vidro insulado composto com os vidros citados anteriormente.
- b) vidros instalados acima da cota de 1,10 m em relação ao piso:
  - vidro temperado;
  - vidro laminado de segurança;

- vidro aramado;
- vidro *float*;
- vidro impresso;
- vidro insulado composto com os vidros citados anteriormente.

O vidro laminado de segurança é o formado pela composição de uma placa de vidro com uma ou mais placas de vidro, unidas por uma ou mais camadas intermediárias. A camada intermediária atua como um adesivo e separador entre as placas de vidro e confere ao vidro laminado a característica de ser de segurança, pois, em caso de quebra do vidro, ela retém os fragmentos, limita o tamanho da abertura e reduz o risco de cortes e perfurações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001b, p. 2).

De acordo com a NBR NM 295 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004c, p. 1-2) o vidro aramado é um "vidro plano [...] obtido por fundição e laminação contínuas onde se incorpora durante o processo de fabricação uma malha de arame de aço, soldada em todas as suas intersecções.". O vidro aramado não é muito utilizado em fachadas pele de vidro, pois a malha de arame de aço marca a placa de vidro, não obtendo, assim, o apelo estético esperado (SANTOS, 2013, p. 23).

O vidro insulado utilizado em fachadas pele de vidro é "[...] formado por duas ou mais placas de vidro paralelas, separadas por um espaçador, com as bordas hermeticamente seladas ao longo de todo o seu perímetro [...]". Primeiramente é utilizado o selante primário, o qual confere ao vidro insulado uma câmara estanque e desidratada, após lança-se mão do selante secundário estrutural, conforme a Norma NBR 15737<sup>3</sup>, a fim de proporcionar rigidez, estrutura e vedação a todo o conjunto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, p. 4-5).

De acordo com a Norma NBR NM 293 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a, p. 17):

[...] vidro temperado: Vidro que foi submetido a um tratamento térmico, consistindo num aquecimento seguido de um resfriamento rápido, o qual aumenta sua resistência mecânica e que, em caso de quebra, se fragmenta em pedaços pequenos sem bordas cortantes. Resiste temperaturas de trabalho de até 250 °C.

<sup>3</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15737**: perfis de alumínio e suas ligas com acabamento superficial – colagem de vidros com selante estrutural. Rio de Janeiro, 2009.

A Norma NBR 7199 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016, p. 29) determina que o vidro *float* e impresso, quando utilizados verticalmente, por exemplo, em fachadas pele de vidro, devem estar totalmente envolvidos por esquadrias ou colados em todo o seu perímetro e acima de 1,10 m em relação ao piso.

A grande maioria das janelas utilizadas em fachadas pele de vidro é projetante móvel do tipo deslizante, mais comumente conhecida como *maxim-ar*. Para esse tipo de janela, a NBR 7199 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016, p. 28-29) determina o uso dos seguintes vidros:

- a) vidro laminado de segurança;
- b) vidro aramado;
- c) vidro insulado:
  - a placa de vidro interior deve ser de vidro laminado ou aramado.
- d) vidro temperado:
  - no primeiro pavimento pode ser autoportante;
  - acima do primeiro pavimento deve ser totalmente envolvido por esquadrias, e com projeção máxima de 250 mm em relação à face da fachada.
- e) vidro float e impresso:
  - área de vidro menor ou igual a 0,64 m<sup>2</sup>;
  - totalmente envolvido por esquadrias;
  - acima do primeiro pavimento, com projeção máxima de 250 mm em relação à face da fachada.

Recomenda-se também em fachadas envidraçadas, onde há grande incidência de sol (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016, p. 26):

[...] o uso de vidros revestidos para controle solar, conforme a ABNT NBR 16023<sup>4</sup>, de forma a minimizar a entrada de calor por transmissão e controle da entrada de luz natural. Estes vidros têm características de fabricação que possibilitam a redução na carga térmica da edificação, o que resulta em um ambiente mais confortável para o usuário, com redução da necessidade de climatização e otimização do gasto energético.

A respeito da resistência ao fogo, os vidros com essa característica, segundo a NBR 7199 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016, p. 28), são os seguintes:

<sup>4</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16023**: vidros revestidos para controle solar: requisitos, classificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

- a) vidro laminado com camada intermediária resistente ao fogo;
- b) vidro aramado;
- c) vidro insulado composto com os vidros citados anteriormente.

A NBR 14697 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001b, p. 2) afirma a resistência ao fogo do vidro laminado quando pelo menos uma camada intermediária for resistente a altas temperaturas, podendo também conter componentes de vidro resistentes ao fogo. Ela também traz requisitos específicos para vidros laminados resistentes ao fogo: tolerâncias dimensionais, acabamentos e desempenho; e uma observação importante:

[...] Nenhum produto vítreo pode ser classificado, por si mesmo, como resistente ao fogo. Quando o produto de vidro é instalado em uma montagem apropriada de [esquadria], então o conjunto pode ser ensaiado e classificado como sendo resistente ao fogo.

De acordo com a Norma europeia DIN 18361 (HEGGER<sup>5</sup>, 2006, p. 86 apud CASELLI, 2011, p. 19), o vidro aramado não pode ser considerado resistente ao fogo. E, também, não foi encontrado nenhum comentário sobre a resistência ao fogo em vidros aramados na Norma NBR NM 295<sup>6</sup>.

### 3.3.3 Sistema de fixação

A fixação da fachada pele de vidro na supraestrutura da edificação é realizada através de ancoragens de alumínio, conforme apresentado na figura 9. Os montantes que compõem a estrutura de alumínio são unidos às ancoragens através de parafusos, e as ancoragens são chumbadas à supraestrutura através de chumbadores por um processo químico ou de expansão. Todos os componentes envolvidos nessa fixação devem ser dimensionados devido à ação do vento, peso próprio e cargas acidentais; e recomenda-se o uso de parafusos e chumbadores de aço inoxidável (SOUZA 2008, p. 202).

A NBR 10821-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 2) prevê a utilização de peças de aço inoxidável austenítico em contato com os perfis de alumínio, pois a diferença de potencial elétrico entre esses dois materiais não ocasiona

<sup>5</sup> HEGGER, M.; AUCH-SCHWELK, V.; FUC, M. **Construction Materials Manual**. Basel: Birkhauser, 2006.

<sup>6</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 295**: vidro aramado. Rio de Janeiro, 2004.

corrosão galvânica. "Os austeníticos são os mais utilizados na construção civil por sua elevada resistência à corrosão e por possuírem boa resistência mecânica." (OLIVEIRA, 2009, p. 57).

Figura 9 – Ancoragem do montante à supraestrutura do edifício



(fonte: SANTOS, 2013, p. 53)

Percebe-se, na figura 9, o espaço vazio entre o montante de alumínio e a supraestrutura do edifício, que é gerado pela ancoragem de fixação. Esse detalhe, intrínseco ao sistema construtivo de fachadas pele de vidro, é a principal característica do comportamento ao fogo de fachadas pele de vidro em situações de incêndio.

## 4 COMPORTAMENTO AO FOGO EM FACHADAS PELE DE VIDRO

Nesse capítulo, serão abordadas a tecnologia do incêndio, a sua propagação em fachadas pele de vidro e a principal solução recomendada para evitá-la.

### 4.1 TECNOLOGIA DO INCÊNDIO

Segundo a NBR 13860 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p. 7), incêndio é "[...] Fogo fora de controle.". A Norma ISO 8421-1<sup>7</sup> (*INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*, 1987 apud SEITO, 2008, p. 43) define incêndio como sendo "[...] a combustão rápida disseminando-se de forma descontrolada no tempo e no espaço".

O fenômeno fogo é resultado da coexistência de quatro elementos: combustível, comburente (oxigênio), calor e reação em cadeia. A teoria do Tetraedro de Fogo, figura 10, representa geometricamente o fogo e seus elementos (SEITO, 2008, p. 36; CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015a, p. 93).

Figura 10 – Tetraedro de Fogo



(fonte: CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015a, p. 93)

<sup>7</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8421-1**: general terms and phenomena of fire. Genève, 1987.

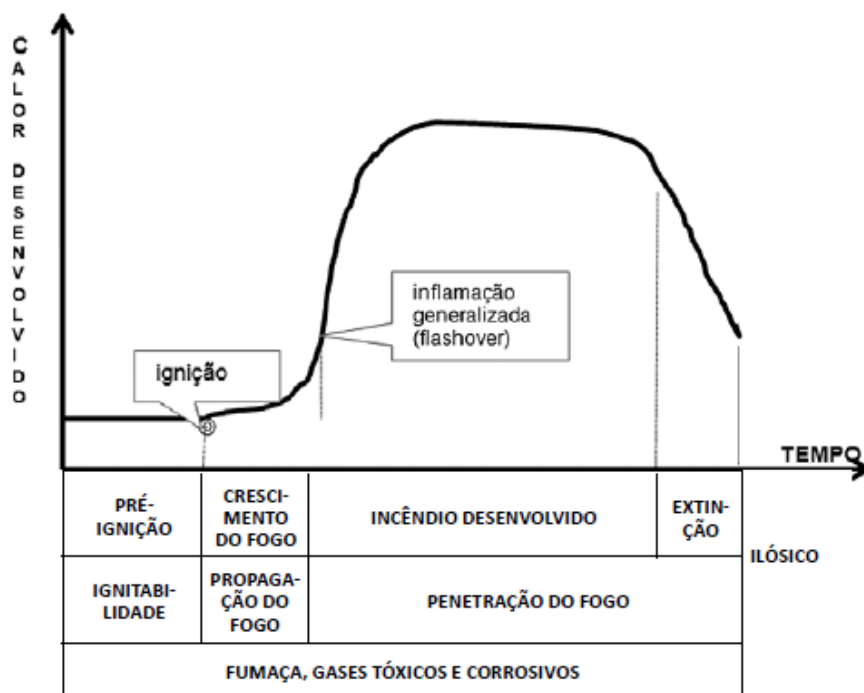


Segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015a, 94), a extinção do incêndio se dá através da retirada de um dos quatro elementos que compõem o fogo.

O incêndio, em seu desenvolvimento natural, pode ser dividido em três estágios, conforme ilustrado na figura 11 (SEITO, 2008, p. 44):

- a) pré-ignição;
- b) crescimento do incêndio;
- c) incêndio desenvolvido.

Figura 11 – Curva de evolução do incêndio



(fonte: SEITO, 2008, p. 44)

No estágio de pré-ignição, a combustão é fraca e sem força; com a proximidade da ignição, percebe-se o aumento da combustão e o aparecimento de chamas e fumaça. Após a ignição, ou seja, no estágio de crescimento do incêndio, inicia-se a propagação do fogo no compartimento de origem, elevando a temperatura dele. O estágio do incêndio desenvolvido é caracterizado pela ocorrência do *flash-over*, ou seja, a inflamação generalizada, quando o compartimento de origem é tomado por chamas e fumaça, o qual pode atingir temperaturas

acima de 1.110°C. Nesse estágio, inicia-se, também, a propagação do incêndio para outros compartimentos por meio de aberturas internas, fachadas e cobertura das edificações (SEITO, 2008, p. 45-47; CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015a, p. 96)

## 4.2 RISCO DE INCÊNDIO

Com a evolução dos sistemas construtivos e a introdução de novas tecnologias e materiais na indústria da construção civil, por exemplo, as fachadas pele de vidro, houve a necessidade de lançar mão de novas medidas de proteção contra incêndio, a fim de garantir a segurança contra incêndio em edificações (MITIDIARI, 2008, p. 55). Para Campos e Conceição (2006, p. 53), "A seleção dos sistemas de proteção adequados deve ser feita tendo por base os riscos de início de um incêndio, de sua propagação e de suas consequências".

Os riscos de incêndio envolvidos nas fachadas pele de vidro são devidos ao seu sistema construtivo, abordado anteriormente: componentes e sua fixação. Campos e Conceição (2006, p. 82) relacionam os riscos de incêndio à tecnologia das fachadas pele de vidro:

- a) a fixação da estrutura de esquadrias de alumínio na supraestrutura do edifício gera frestas entre ambas as estruturas, conforme observado na figura 12, proporcionando a propagação de fogo e fumaça;
- b) o rompimento do vidro durante o incêndio, pois ele tende a deformar em altas temperaturas e pode não resistir ao aumento de pressão, acarretando a entrada de ar externo no ambiente em chamas, proporcionando, assim, a realimentação do incêndio.

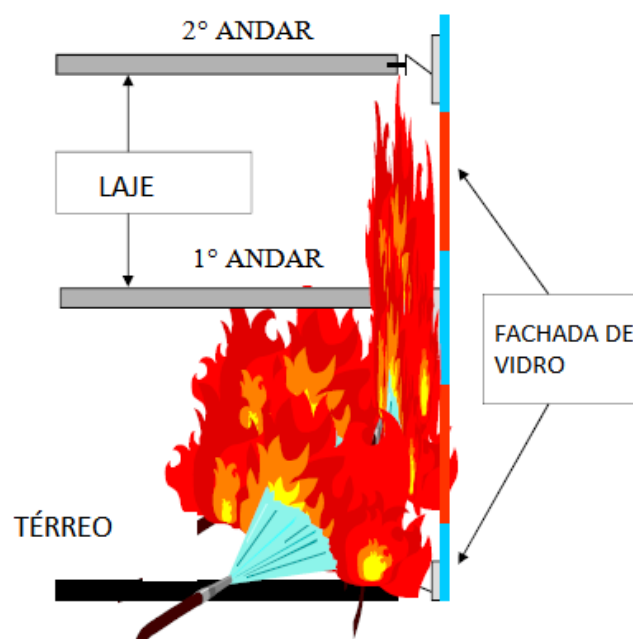
Figura 12 – Fresta entre a estrutura de esquadrias e a supraestrutura do edifício



(fonte: CAMPOS e CONCEIÇÃO, 2006, p. 82)

Para Chen e Victor (2012), o maior risco em situações de incêndio é a quebra da separação da entre pavimentos consecutivos, pois, quando se utiliza o sistema de fachadas pele de vidro, são gerados espaços vazios entre a face interna da fachada e a borda da laje, onde o fogo pode propagar-se para o pavimento superior rapidamente, conforme ilustrado na figura 13. Entretanto, quando não há essa quebra entre pavimentos, o fogo não consegue invadir facilmente o andar superior.

Figura 13 – Propagação do fogo pelo lado interno da fachada



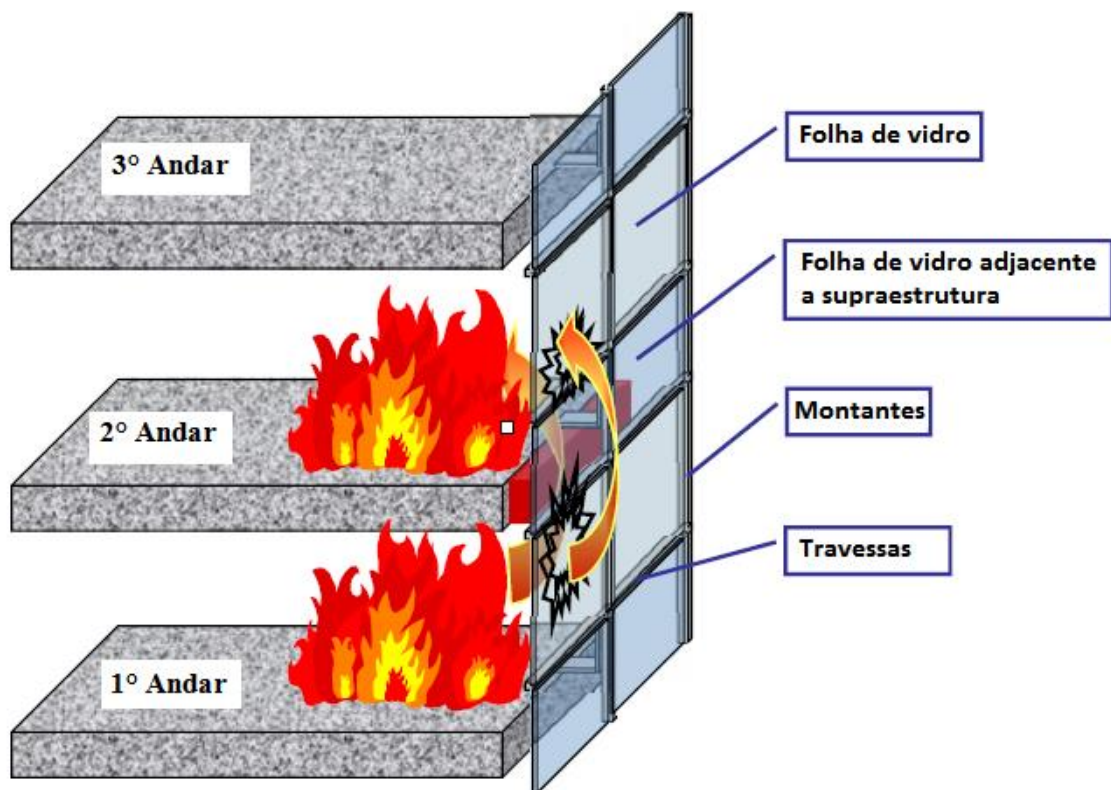
(fonte: TOMA, 2012, p. 7)

Van Delan et al. (2004, p. 24-25) alertam para a resistência ao fogo do vidro utilizado em fachadas pele de vidro, pois elas "[...] também devem resistir a propagação das chamas pela parte exterior da fachada.", conforme ilustrado na figura 14. Segundo Chen e Victor (2012), esse modo de propagação é lento, pois, estando intacta a separação entre pavimentos consecutivos, o incêndio somente alcançará o andar superior quando ambos os vidros dos pavimentos forem rompidos pelas chamas, as quais se deslocam pela parte externa da fachada sofrendo perdas substanciais de calor.

Entretanto, para Van Delan et al. (2004, p. 26), o maior perigo, na maioria dos casos, é a propagação de fumaça pelos andares através das frestas entre a fachada e a supraestrutura do edifício. Segundo Hall<sup>8</sup> (2004 apud TOMA, 2012, p. 2):

- a) 3/4 das mortes em incêndios são ocasionadas pela inalação de fumaça;
- b) 57% dos mortos não se encontravam no ambiente onde se originou o incêndio.

Figura 14 – Propagação do fogo pelo lado externo da fachada.



(fonte: TOMA, 2012, p. 8)

<sup>8</sup> HALL JR., J. R. **Fire analysis & research division**. National Fire Protection Association. Quincy, 2004.

De acordo com Negrisolo (2011, p. 217), em fachadas de edifícios, principalmente pele de vidro, deve-se levar em consideração a direção e o sentido naturais da propagação do fogo: vertical ascendente, para que ele seja contido e não se alastre por todos os andares.

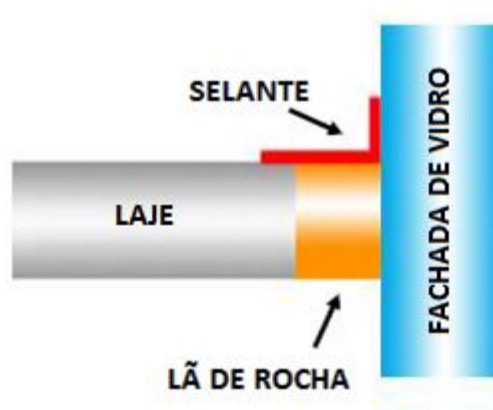
### 4.3 BARREIRA PERIFÉRICA CONTRA FOGO

Segundo Fire ([20--], p. 3), "A primeira prioridade em um edifício seguro é conter o fogo e a fumaça na área de origem [...], que devem ser impedidos de se propagarem para o próximo pavimento.". Esse é objetivo da barreira periférica contra fogo: fechar o espaço vazio entre a face interna da fachada pele de vidro e a borda externa da supraestrutura do edifício em toda a sua extensão, garantindo, assim, a separação dos pavimentos subsequentes (CHEN e VICTOR, 2012).

A barreira periférica contra fogo é composta principalmente de dois materiais, conforme ilustrado na figura 15 (CHEN e VICTOR, 2012; VAN DELAN et al., 2004, VEDOVELLO, 2012):

- a) lã de rocha, a qual fornece resistência ao fogo;
- b) selante, o qual impede a penetração de fumaça.

Figura 15 – Barreira periférica contra fogo



(fonte: TOMA, 2012, p. 43)

Van Delan et al. (2004, p. 25) estabelecem que a espessura da barreira periférica, constituída majoritariamente de lã de rocha, dependerá da resistência ao fogo requerida, e a largura

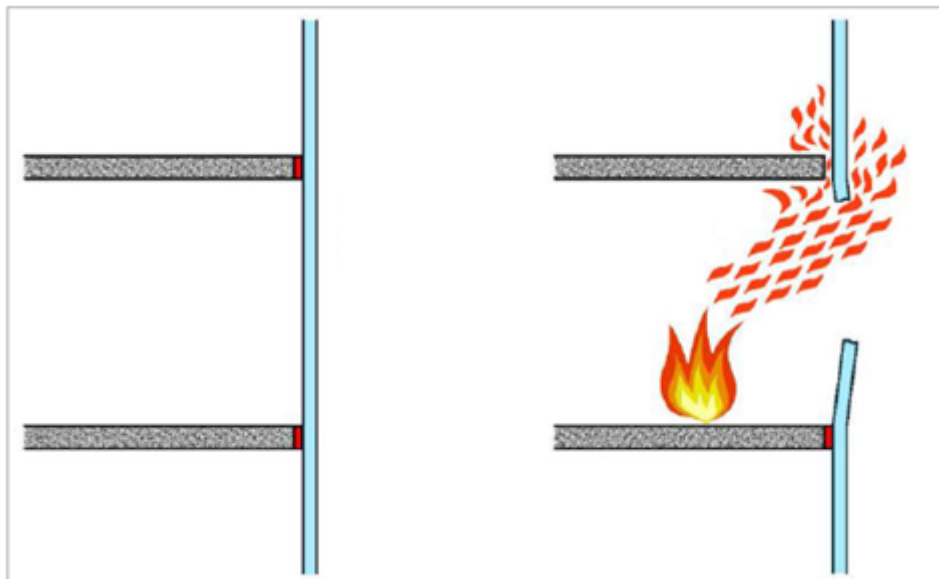
depen­derá da distância entre a face interna da fachada e a borda da laje, observando que a lã de rocha deve ser instalada comprimida dentro dessa fresta; e o selante é normalmente a base de uretano e autonivelante. Vedovello (2012, p. 80) refere-se ao selante aplicado sobre a lã como: "[...] uma argamassa isolante para evitar a passagem de gases quentes."

### 4.3.1 Detalhes construtivos

Anteriormente à fixação da barreira periférica contra fogo, há a necessidade de instalar elementos construtivos para conferir maior resistência ao fogo à estrutura de esquadrias de alumínio, a fim de manter a barreira periférica íntegra e em sua posição durante o incêndio (CHEN e VICTOR, 2012).

Chen e Victor (2012) destacam a deformação que o fogo causa aos perfis de alumínio, pois o ponto de fusão do alumínio é 650 °C, e em um compartimento incendiado pode alcançar a temperatura de 1000 °C. Quando há a deformação dos montantes e/ou das travessas da estrutura de esquadria de alumínio, pode ocorrer o colapso da barreira periférica contra fogo, quebrando, assim, a separação entre os pavimentos, conforme ilustrado na figura 16.

Figura 16 – Colapso da barreira periférica contra fogo ocasionado pela deformação da fachada pele de vidro

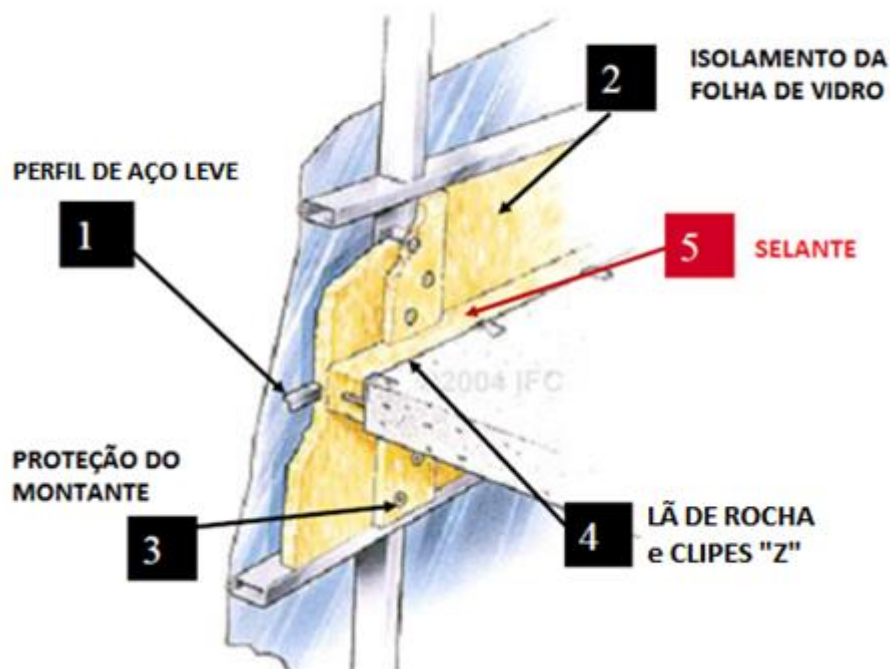


(fonte: CHEN e VICTOR, 2012)

A figura 17 ilustra os elementos construtivos da barreira periférica contra fogo, que estão citados na sequência:

- a) perfil de aço leve (1);
- b) isolamento das folhas de vidros adjacentes à barreira periférica (2);
- c) proteção dos montantes (3);
- d) lâ de rocha e cliques "Z" de fixação (4);
- e) selante (5).

Figura 17 – Elementos construtivos da barreira periférica contra fogo



(fonte: TOMA, 2012, p. 38)

O perfil de aço leve é instalado na linha da barreira periférica contra fogo, fixado nos montantes de alumínio e envolto pelo isolamento da folha de vidro. Esse elemento serve para proporcionar um anteparo rígido na face interna da folha de vidro isolada, permitindo, assim, uma intensidade de compressão ideal da lâ de rocha da barreira periférica contra fogo na fresta entre a fachada pele de vidro e a borda da laje (FIRE, [20--], p. 4).

O isolamento da folha de vidro adjacente à supraestrutura do edifício é realizado com o mesmo material da barreira periférica contra fogo: lâ de rocha, e tem a função de conferir rigidez à

extensão da fachada onde será instalada a barreira periférica contra fogo. Esse elemento é importante para que não haja uma grande deformação nesse local, por exemplo, pela atuação do vento sobre a fachada pele de vidro, pois acarretaria a fissuração do selante e o afrouxamento da lã de rocha da barreira periférica contra fogo (VAN DELAN et al., 2004, p. 26).

Segundo Toma (2012, p. 11), o isolamento da folha de vidro com lã de rocha adjacente à borda da laje pode, também, combater a propagação do fogo pela parte externa da fachada. Os montantes de alumínio, também, devem ser protegidos com lã de rocha dentro da extensão do isolamento da folha de vidro (FIRE, [20--], p. 4).

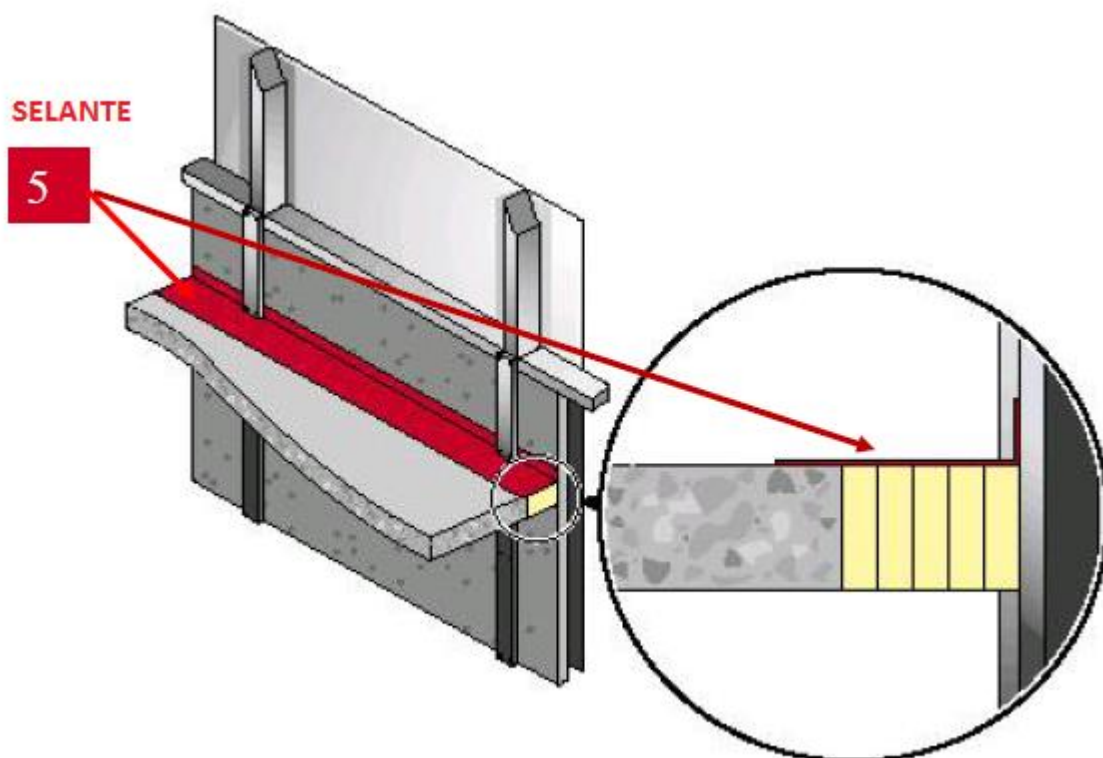
A lã de rocha, que provê resistência ao fogo à barreira periférica, deve ser instalada comprimida no espaço vazio compreendido entre o isolamento da face interna da folha de vidro, na altura do perfil de aço leve, e a borda externa da supraestrutura do edifício. Os cliques "Z" têm a função de fixar a barreira periférica contra fogo na supraestrutura da edificação, com uma das abas introduzidas no interior da lã de rocha e a outra apoiada sobre a laje de borda (FIRE, [20--], p. 4).

Segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 209), as barreiras periféricas contra fogo devem ser estruturalmente independentes da fachada pele de vidro, para que não sejam danificadas durante a movimentação diferencial da estrutura da edificação. Vedovello (2012, p. 80) ressalta que a lã de rocha da barreira periférica contra fogo deve ser fixada à laje da edificação por suportes de aço galvanizado (clipes "Z"), garantindo a estabilidade da barreira periférica contra fogo mesmo após eventual falência da fachada.

O selante é aplicado sobre a lã de rocha para impedir a passagem de fumaça através dela, constituindo, assim, a totalidade da barreira periférica contra fogo (FIRE, [20--], p. 4). A aplicação do selante deve avançar à laje de borda e ao isolamento da folha de vidro adjacentes à lã de rocha, conforme ilustrado na figura 18. Essa técnica tem a função de estabilizar a lã de rocha comprimida dentro do espaço vazio entre a fachada e a laje em situações de incêndio, conforme ilustrado na figura 19 (TOMA, 2012, p. 43).



Figura 18 – Aplicação correta do selante



(fonte: TOMA, 2012, 39)

Figura 19 – Selante proporciona estabilidade à barreira periférica contra fogo

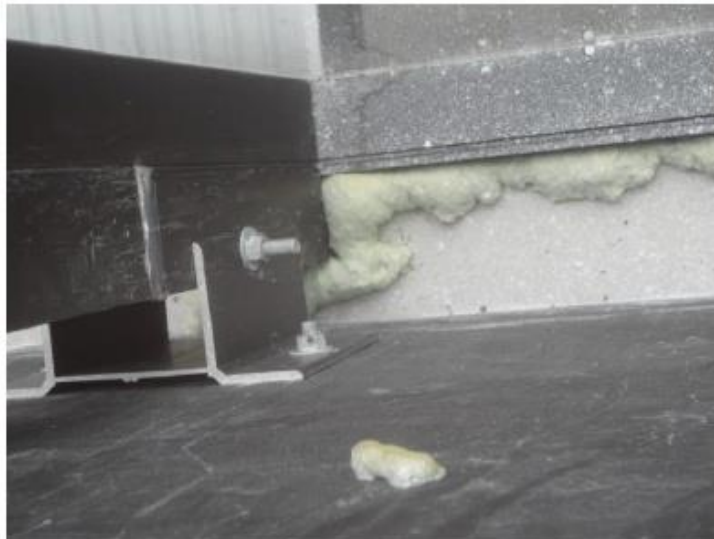


(fonte: TOMA, 2012, 42-43)

### 4.3.2 Falhas de instalação

Segundo Santos (2013, p. 64-65), o fechamento dos espaços vazios entre a face interna da fachada pele de vidro e a supraestrutura do edifício é realizado somente para fins estéticos e acústicos, não sendo mencionada a contenção da propagação do incêndio. Na parte inferior da viga de borda, são utilizados retalhos de placas de gesso acartonado para simular o forro do teto do pavimento adjacente, e as pequenas frestas entre as placas de gesso e a fachada pele de vidro são fechadas com espuma expansiva para melhorar a acústica, conforme apresentado na figura 20. Na parte superior da viga de borda, são utilizadas lâminas de alumínio para o fechamento dos espaços vazios e para melhorar o acabamento.

Figura 20 – Fechamento de fresta com placa de gesso e espuma expansiva



(fonte: SANTOS, 2013, p. 64)

Observa-se que o método de fechamento descrito acima, provavelmente, é insuficiente para impedir a propagação do fogo através da fresta entre a fachada e a supraestrutura do edifício. Quando a separação entre pavimentos em fachadas pele de vidro é realizada adequadamente com o método da barreira periférica contra fogo, deve-se tomar cuidado na correta utilização dos materiais que compõem o sistema, para que não haja falhas na proteção contra incêndio entre pavimentos.

Segundo Toma (2012, p. 41), a utilização de mantas e/ou placas térmicas ao invés de selante sobre a lã de rocha pode causar os seguintes problemas:

- a) dificuldade em cobrir todas as frestas, conforme apresentado na figura 21;
- b) não estabilização da lã de rocha.

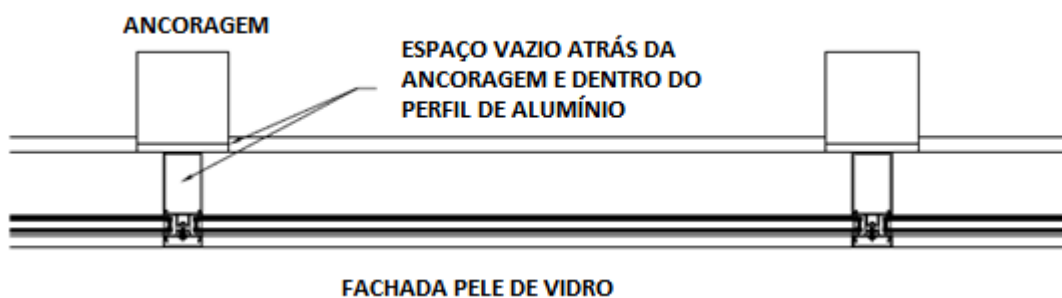
Figura 21 – Fresta aberta após a conclusão da barreira periférica contra fogo



(fonte: TOMA, 2012, p. 41)

Van Delan et al. (2004, p. 26) apontam os espaços vazios atrás das ancoragens que fixam a estrutura de esquadrias de alumínio da fachada pele de vidro à supraestrutura do edifício como pontos de falhas na separação entre pavimentos, como também o interior dos perfis verticais de alumínio: os montantes, os quais compõem a estrutura da fachada pele de vidro, conforme ilustrado na figura 22.

Figura 22 – Espaços vazios atrás das ancoragens e no interior dos montantes



(fonte: VAN DELAN et al., 2004, p. 26)

Para garantir que a barreira periférica contra fogo tenha realmente a capacidade de fechar os espaços vazios entre a fachada pele de vidro e a supraestrutura do edifício, evitando, assim, a propagação do incêndio, é importante que a barreira periférica contra fogo seja ensaiada quanto à resistência ao fogo, lançando mão de métodos de ensaio representativos à sua prática de uso. Essas considerações serão abordadas nos próximos capítulos.

## 5 RESISTÊNCIA AO FOGO EM FACHADAS PELE DE VIDRO

Nesse capítulo, principalmente, serão analisadas as recomendações do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo e os métodos de ensaios descritos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas em relação à resistência ao fogo em fachadas pele de vidro.

### 5.1 ASPECTOS GERAIS

De acordo com o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015a, p. 101), "A capacidade dos elementos construtivos de suportar a ação do incêndio denomina-se "resistência ao fogo" e se refere ao tempo durante o qual conservam suas características funcionais (vedação e/ou estrutural).".

Para Silva et al. (2008, p 143), "Resistência ao fogo é a propriedade de um elemento de construção de resistir à ação do fogo por determinado período de tempo, mantendo sua segurança estrutural (estabilidade e integridade), estanqueidade a gases e chamas e isolamento térmico [...]".

Segundo Oliveira (2009, p. 33), "Os elementos de fachada, considerados como elementos de compartimentação, devem apresentar resistência ao fogo por um período de tempo suficiente para possibilitar a saída dos ocupantes da edificação em condições de segurança [...]". Esses elementos devem apresentar as seguintes características:

- a) estabilidade;
- b) impedir a passagem de fogo e fumaça por entre seus componentes e juntas.

O objetivo de determinar a resistência ao fogo dos elementos de construção, segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015b, p. 193):

Estabelecer as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais e de compartimentação que integram as edificações, quanto aos Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo (TRRF), para que, em situação de incêndio, seja evitado o colapso estrutural por tempo suficiente para possibilitar a saída segura das pessoas e o acesso para as operações do Corpo de Bombeiros [...]

### 5.1.1 Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF)

De acordo com Silva et al. (2008, p. 146):

[...] o Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) pode ser entendido como o tempo mínimo (descrito em minutos e fruto do consenso de uma dada sociedade) que os elementos construtivos devem resistir (com respeito à integridade, estanqueidade e isolamento, onde aplicável) a uma ação térmica padronizada, em um ensaio laboratorial. A variável “tempo” é utilizada, em códigos e regulamentos, como uma medida para a definição do desempenho em incêndio.

O TRRF dos elementos de compartimentação de fachadas de edifícios deve seguir os seguintes requisitos (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015b, p. 194):

- a) no mínimo o mesmo TRRF da estrutura principal da edificação;
- b) não inferior a 90 minutos.

A NBR 14432 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001a, p. 1) "[...] estabelece as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais e de compartimentação que integram o edifício para que, em situação de incêndio, seja evitado o colapso estrutural.". Segundo essa mesma Norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001a, p. 3), o TRRF é definido assim: "[...] Tempo mínimo de resistência ao fogo, preconizado por esta Norma, de um elemento construtivo quando sujeito ao incêndio padrão.".

O TRRF dos elementos construtivos das edificações é determinado considerando a severidade e o potencial destrutivo dos incêndios, conforme as seguintes características do edifício (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001a, p. 4):

- a) tipos de ocupação;
- b) área;
- c) profundidade do subsolo;
- d) altura da edificação;
- e) facilidade de acesso para combate ao incêndio.

Para verificar o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) em elementos de compartimentação, devem-se executar ensaios específicos de resistência ao fogo em laboratórios reconhecidos, os quais devem estar de acordo com as normas técnicas nacionais

ou, na ausência destas, de acordo com normas ou especificações estrangeiras internacionalmente reconhecidas, segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015b, p. 193-194).

Recomendam-se os seguintes passos à execução dos ensaios de resistência ao fogo: (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015a, p. 101):

- a) expor um corpo de prova (reproduzindo tanto quanto possível às condições de uso do elemento construtivo no edifício), a uma elevação padronizada de temperatura em função do tempo;
- b) realizar medidas e observações ao longo do tempo, para determinar o período no qual o protótipo satisfaz a determinados critérios relacionados com a função do elemento construtivo no edifício.

"A elevação padronizada de temperatura utilizada no método para determinação da resistência ao fogo constitui-se em uma simplificação das condições encontradas nos incêndios e visa reproduzir somente a fase de inflamação generalizada.", segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015a, p. 101).

### **5.1.2 Classificação de resistência ao fogo**

Os elementos construtivos são classificados em duas categorias quanto à sua resistência ao fogo (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015c, p. 205):

- a) corta-fogo;
- b) para-chama.

De acordo com o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 205), "Elemento corta-fogo apresenta, por um período determinado de tempo, as seguintes propriedades:"

- a) resistência, ou seja, integridade mecânica a impactos;
- b) estanqueidade, ou seja, impede a passagem das chamas e da fumaça;
- c) isolamento térmico, ou seja, impede a passagem de calor.

O elemento para-chama apresenta somente as duas primeiras propriedades: resistência e estanquidade, não proporcionando o isolamento térmico (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015c, p. 205).

### 5.1.3 Compartimentação

Segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015a, p. 101), "Diante da necessidade de limitação da propagação do incêndio, a principal medida a ser adotada consiste na compartimentação, que visa dividir o edifício em células [...] impedindo o alastramento do incêndio.", com as seguintes finalidades:

- a) conter o fogo em seu compartimento de origem;
- b) manter as rotas de fuga livres de chama e fumaça;
- c) facilitar o resgate e combate ao incêndio.

Segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 207), "[...] A compartimentação horizontal se destina a impedir a propagação de incêndio no pavimento de origem para outros ambientes no plano horizontal." A compartimentação horizontal é realizada através de elementos verticais de separação (MARCATTI et al., 2008, p. 172):

- a) paredes de compartimentação de áreas;
- b) portas, vedadores e selos corta-fogo nas paredes de compartimentação;
- c) registros corta-fogo nas tubulações de ventilação e ar-condicionado.

De acordo com o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 207), "[...] A compartimentação vertical se destina a impedir a propagação de incêndio na direção vertical, ou seja, entre pavimentos elevados consecutivos." A compartimentação vertical é realizada através de elementos horizontais de separação, e é dividida em dois grupos (MARCATTI et al., 2008, p. 172):

- a) compartimentação vertical interna:
  - entrespisos corta-fogo;
  - selos, vedadores e registros corta-fogo;
  - enclausuramento de escadas, elevadores e monta-cargas por meio de paredes de compartimentação;



b) compartimentação vertical externa:

- elemento resistente ao fogo implementando uma barreira com altura mínima de 1,2 metros nas janelas, ou;
- aba horizontal no prolongamento do piso, externo ao edifício, com dimensões de 0,9 metros.

## 5.2 FACHADA PELE DE VIDRO RESISTENTE AO FOGO

Segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 209) há dois sistemas construtivos para fachadas pele de vidro resistentes ao fogo:

- a) a própria fachada pele de vidro ser corta-fogo, ou;
- b) haver elementos corta-fogo atrás da fachada pele de vidro com altura mínima de 1,2 metros separando pavimentos consecutivos.

Em ambos os sistemas, devem ser consideradas as seguintes características (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015c, p. 209):

- a) os espaços vazios entre a face interna da fachada pele de vidro e a supraestrutura do edifício devem ser vedados com selos corta-fogo em todo o perímetro;
- b) os componentes da fachada pele de vidro devem ser compostos por materiais incombustíveis;
- c) as fachadas pele de vidro devem atender os critérios da Norma NBR 7199<sup>9</sup>.

De acordo com Van Dalen et al. (2004, p. 24), os principais materiais utilizados em fachadas pele de vidro, alumínio e vidro, são incombustíveis. A lã de rocha utilizada nas barreiras periférica contra fogo também é incombustível (SILVA et al., 2008, p. 156).

### 5.2.1 Fachada pele de vidro corta-fogo

Quando se opta pelo sistema construtivo que a própria fachada pele de vidro tem a capacidade de resistir ao fogo, ou seja, ela ser corta-fogo; de acordo com o Corpo de Bombeiros da

<sup>9</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7199**: projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil. Rio de Janeiro, 2016.

Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 209), a fachada pele de vidro deve preencher os requisitos presentes na NBR 14925<sup>10</sup>.

A NBR 14925 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 1) "[...] fixa os requisitos exigíveis para unidades envidraçadas resistentes ao fogo, que contém vidros transparentes ou translúcidos, para uso em edificações.". Segundo essa mesma norma, a unidade envidraçada pode estar incorporada às divisórias ou paredes internas e às envoltórias dos edifícios, essa última caracterizando as fachadas pele de vidro.

A capacidade de uma fachada pele de vidro ser ou não resistente ao fogo depende de todo o seu sistema construtivo e não somente do tipo de vidro utilizado. Logo, o corpo de prova para os ensaios de resistência ao fogo deve ser completo e representativo à realidade de uso da fachada pele de vidro, o qual será ensaiado conforme a NBR 10636<sup>11</sup>, e deve ser composto por (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 2):

- a) vidro;
- b) esquadrias de alumínio;
- c) sistema de fixação;
- d) tamanho das folhas de vidro;
- e) acabamento.

Segundo a NBR 10636 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 1), "Esta Norma prescreve o método de ensaio, classifica e gradua, quanto à resistência ao fogo, as paredes e divisórias sem função estrutural, não tratando, porém, da toxicidade dos gases emanados pelo corpo-de-prova durante a realização dos ensaios.". A figura 23 apresenta uma parede de vidro sem função estrutural ensaiada conforme a NBR 10636.

<sup>10</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14925**: unidades envidraçadas resistentes ao fogo para uso em edificações. Rio de Janeiro, 2003.

<sup>11</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10636**: paredes divisórias sem função estrutural – determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 1989.

Figura 23 – Parede de vidro corta-fogo



(fonte: OLIVEIRA, 2016)

Observa-se que a NBR 10636 somente ensaia a parte da fachada pele de vidro propriamente dita: estrutura de esquadrias, folhas de vidro, sistemas de fixação, etc., denominada genericamente de 'parede sem função estrutural', a qual separa o meio externo do interior da edificação, conforme apresentado na figura 14. O Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 207), também, recomenda que as paredes de compartimentação sem função estrutural sejam ensaiadas conforme a NBR 10636.

De acordo com a NBR 10636 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 6), caso haja, na parede sem função estrutural, portas ou vedadores, eles devem ser ensaiados de acordo com o método de verificação de resistência ao fogo prescrito pela NBR 6479<sup>12</sup>.

A NBR 6479 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992, p. 1) "[...] prescreve o método de ensaiar e avaliar o desempenho quanto à resistência ao fogo de componentes de construção destinados ao fechamento de aberturas em paredes e lajes."

O Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 208-210) recomenda ensaiar os seguintes casos de acordo com a NBR 6479:

<sup>12</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6479**: portas e vedadores – determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 1992.

- a) aberturas existentes em paredes de compartimentação horizontal destinadas à passagem de instalações elétricas, hidrossanitárias, telefônicas e outros que permitam a comunicação direta entre áreas compartimentadas devem ser seladas de forma a promover a vedação total corta-fogo;
- b) dutos de ventilação, ar condicionado ou exaustão atravessarem paredes de compartimentação horizontal, além da adequada selagem corta-fogo da abertura em torno dos dutos, devem existir registros corta-fogo devidamente inseridos e ancorados à parede de compartimentação, conforme apresentado na figura 24;
- c) aberturas existentes nos entrepisos destinadas à passagem de instalação elétrica, hidrossanitárias, telefônicas e outras, que permitam a comunicação direta entre os pavimentos de um edifício, devem ser seladas de forma a promover a vedação total corta-fogo, conforme apresentado na figura 25;
- d) as portas de andar de elevadores e monta-cargas.

Figura 24 – Registro corta-fogo em parede de compartimentação



(fonte: OLIVEIRA, 2016)

Figura 25 – Selagem corta-fogo em entrepiso de compartimentação



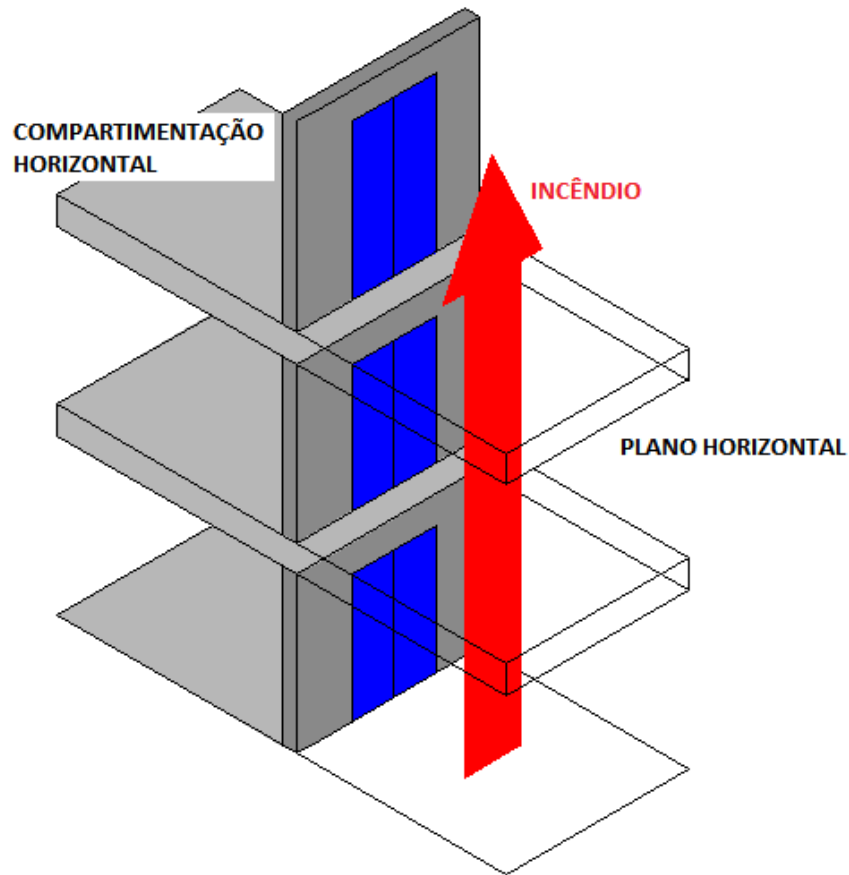
(fonte: OLIVEIRA, 2016)

Percebe-se que as aberturas em paredes e entrepisos, as quais receberão selos corta-fogo, estão no mesmo plano de compartimentação horizontal e vertical, respectivamente; e para os dutos e seus registros corta-fogo verifica-se a mesma situação. Observa-se, assim, a incidência de fogo e fumaça somente na direção da compartimentação promovida por cada selo corta-fogo, como é exemplificado a seguir:

- a) selo corta-fogo em paredes resiste à incidência de fogo e fumaça na direção horizontal, garantindo a compartimentação horizontal;
- b) selo corta-fogo em lajes resiste à incidência de fogo e fumaça na direção vertical, garantindo a compartimentação vertical.

As portas de andar de elevadores e monta-cargas instaladas em seus respectivos poços, os quais são constituídos por paredes de compartimentação devidamente consolidadas aos entrepisos, garantem a compartimentação vertical da abertura gerada pelos poços através dos entrepisos (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015c, p. 210). Nesse caso, as portas e paredes dos poços de elevadores e monta-cargas estão perpendiculares ao plano de compartimentação vertical, porém, na prática, elas garantem a compartimentação horizontal de cada andar, pois confinam o incêndio no interior dos poços, onde as chamas e a fumaça percorrem livremente toda a sua extensão vertical, conforme ilustrado na figura 26.

Figura 26 – Compartimentação horizontal na prática



(fonte: elaborado pelo autor)

Segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 209-210), as paredes de compartimentação dos poços de elevadores e monta-cargas devem ser ensaiadas de acordo com a NBR 10636, conforme apresentado na figura 27. Da mesma forma que é ensaiada a fachada pele de vidro corta-fogo.

Figura 27 – Parede de compartimentação corta-fogo



(fonte: OLIVEIRA, 2016)

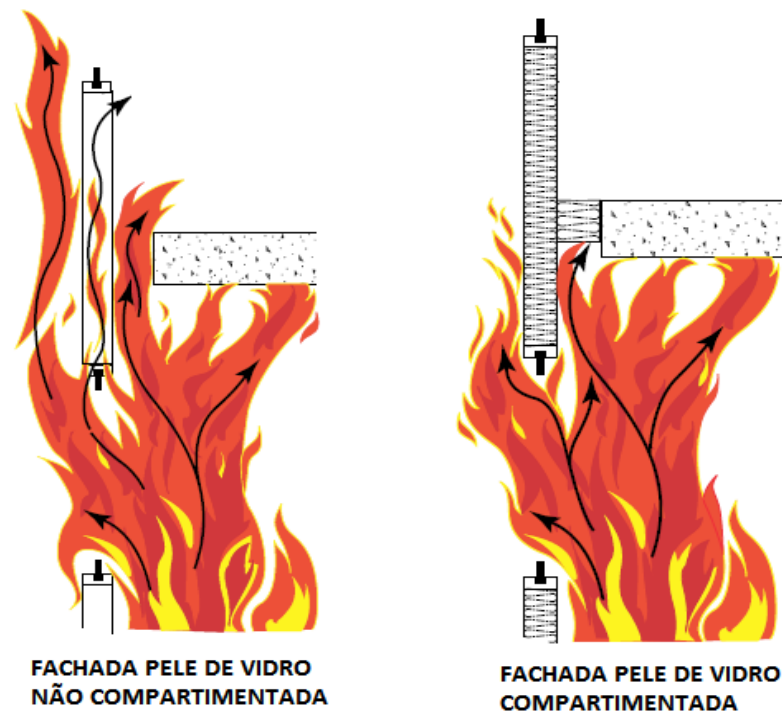
Nesse momento, há a possibilidade de uma analogia entre os seguintes sistemas:

- a) a barreira periférica contra fogo e 'selos corta-fogo destinados ao fechamento de aberturas em lajes/entrepisos', os quais são ensaiados conforme a NBR 6479;
- b) a fachada pele de vidro e 'paredes de compartimentação sem função estrutural', as quais são ensaiadas conforme a NBR 10636.

Entretanto, no sistema construtivo das fachadas pele de vidro, onde se formam espaços vazios entre a face interna da fachada e a borda externa da supraestrutura da edificação, há a interação dos dois planos de compartimentação, ou seja, a incidência de chamas e fumaça ocorre simultaneamente em ambas as direções: horizontal e vertical; conforme ilustrado na figura 28 (NICHOLAS, 2005, p. 2):

- a) compartimentação vertical propriamente dita realizada pela barreira periférica contra fogo, a qual impede a propagação natural do incêndio, vertical ascendente, no interior da edificação;
- b) compartimentação horizontal na prática realizada pela fachada pele de vidro, a qual impede que o incêndio propagado pelo lado externo da fachada retorne para o interior da edificação nos pavimentos acima do pavimento de origem;

Figura 28 – Compartimentação em fachadas pele de vidro



(fonte: FIRE, [20--], p. 3)

A parede de compartimentação sem função estrutural representada pela fachada de pele de vidro, estrutura de esquadrias de alumínio e folhas de vidro, pode deformar-se devido às altas temperaturas durante o incêndio; essa deformação poderá ocasionar o colapso da compartimentação vertical da fachada pele de vidro representada pela barreira periférica contra fogo, conforme anteriormente ilustrado na figura 16 (CHEN e VICTOR, 2012). Nota-se que o desempenho da compartimentação horizontal na prática da fachada pele de vidro influencia diretamente o desempenho da sua compartimentação vertical.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas não desenvolveu nenhuma norma técnica que ensaie, quanto à resistência ao fogo, a interação dos dois planos de compartimentação, vertical e horizontal. Nesse caso, o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015b, p. 193) recomenda a adoção de normas técnicas estrangeiras internacionalmente reconhecidas, quando não há normas nacionais referentes ao assunto.



Recomenda-se utilizar a Norma E2307<sup>13</sup>, desenvolvida pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM), para ensaiar, quanto à resistência ao fogo, a barreira periférica contra fogo (TOMA, 2012, p. 51).

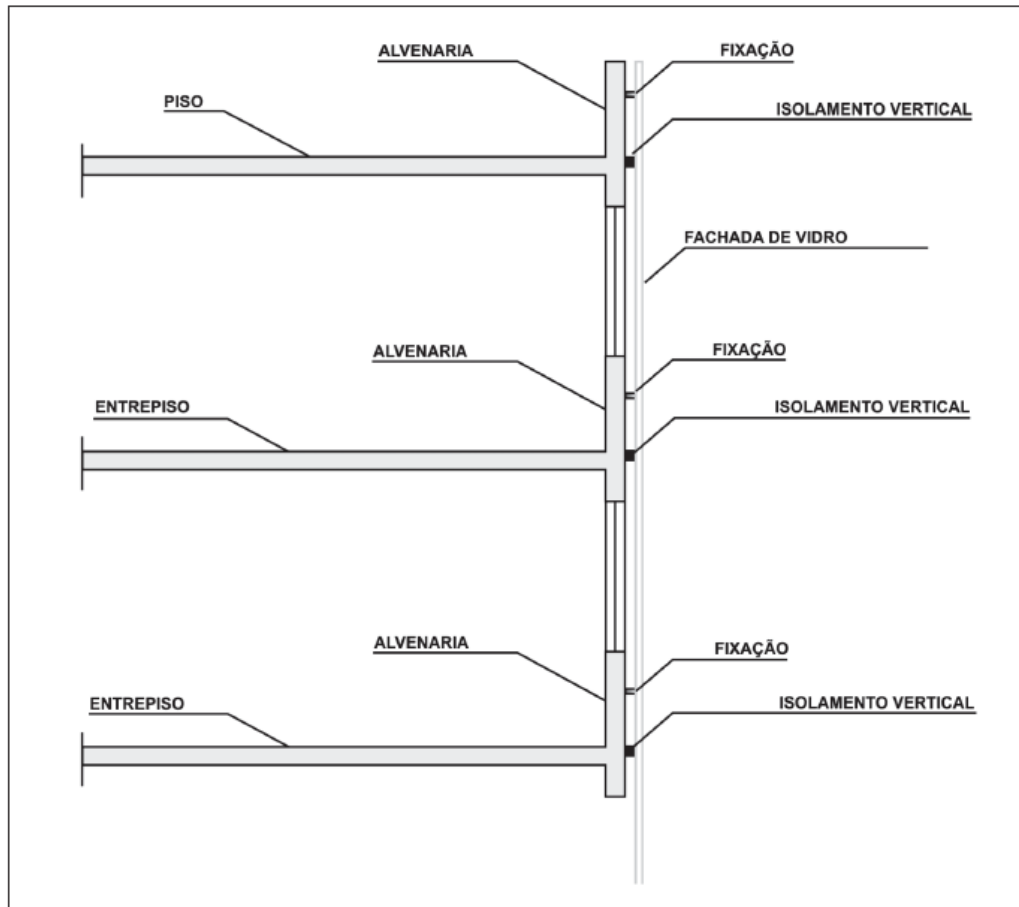
A Norma E2307 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 1) "[...] mede o desempenho da barreira periférica contra fogo, e sua capacidade de vedação para prevenir a propagação do fogo durante a deflexão e deformação da parede externa [fachada pele de vidro] e da laje durante o ensaio de resistência ao fogo [...]". O ensaio de resistência ao fogo descrito na Norma E2307 é abordado no item 6.1 deste trabalho.

### 5.2.2 Elemento corta-fogo

De acordo com o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 209), quando as próprias fachadas pele de vidro não forem corta-fogo, "devem ser previstos atrás destas fachadas, elementos corta-fogo de separação, ou seja, instalados parapeitos, vigas [...]"; esses elementos devem ser constituídos de materiais corta-fogo e apresentarem altura mínima de 1,2 metros separando aberturas de pavimentos consecutivos, conforme ilustrado na figura 29.

<sup>13</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E2307**: standard test method for determining fire resistance of perimeter fire barriers using intermediate-scale, multi-story test apparatus. Philadelphia, 2015.

Figura 29 – Detalhes construtivos de fachadas pele de vidro não corta-fogo



(fonte: CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015c, p. 215)

Segundo Marcatti et al. (2008, p. 176), "Nas situações que toda a fachada do edifício possuir acabamento em vidro ("pele de vidro"), devem ser observadas as exigências para a instalação de elementos resistentes ao fogo na parte interna da fachada [...]"; como também, a proteção do espaço entre a estrutura da edificação e a pele de vidro, conforme apresentado na figura 30.

Figura 30– Proteção do espaço entre a estrutura da edificação e a pele de vidro



(fonte: MARCATTI et al., 2008, p. 176)

Observa-se, nesse sistema construtivo de fachadas pele de vidro resistentes ao fogo, conforme ilustrado na figura 29, as seguintes estruturas de compartimentação:

- a) isolamento vertical, o qual realiza a compartimentação vertical propriamente dita, e é análogo à barreira periférica contra fogo;
- b) viga e/ou parapeito constituído de material corta-fogo, por exemplo, alvenaria, a qual realiza a compartimentação horizontal na prática.

Nesse sistema, a fachada pele de vidro não desempenha função de resistência ao fogo, somente sua função principal: separar o ambiente externo do interior da edificação. Assim, pode-se analisar a interação entre a fachada pele de vidro, o parapeito de alvenaria e o isolamento vertical pelos seguintes aspectos:

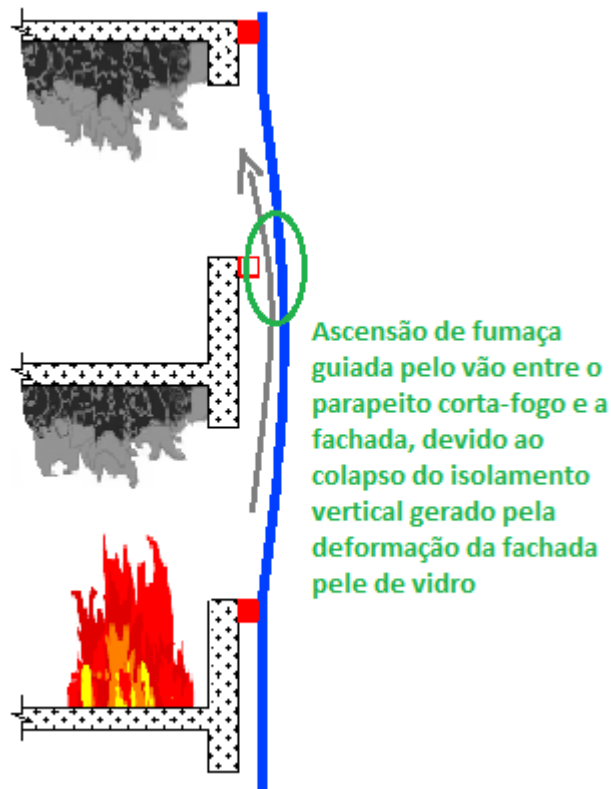
- a) o conjunto de componentes que compõem a fachada pele de vidro: a estrutura de esquadrias de alumínio, as folhas de vidro e o sistema de fixação, não é corta-fogo;
- b) o vão vertical formado entre o parapeito de alvenaria e a fachada pele de vidro;
- c) o isolamento vertical responsável pela compartimentação vertical.

Como a fachada pele de vidro não é corta-fogo, entende-se que ela não foi ensaiada segundo a NBR 10636, logo não se sabe o seu comportamento ao fogo: estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico. Provavelmente, a deformação sofrida por ela durante um incêndio seja

muito mais expressiva, podendo facilmente causar o colapso do isolamento vertical, rompendo, assim, a compartimentação vertical.

O colapso do isolamento vertical será, provavelmente, anterior ao colapso da fachada pele de vidro. Devido a isso, a ascensão de chamas e, principalmente, de fumaça para os pavimentos superiores ao pavimento de origem do incêndio poderá ser guiada pelo vão vertical formado entre o parapeito de alvenaria e a fachada pele de vidro, conforme ilustrado na figura 31, intensificando, assim, a propagação do incêndio, ou seja, seria como "envolver uma edificação incendiada com uma caixa de vidro".

Figura 31 – Provável falha de compartimentação vertical em fachadas pele de vidro com parapeito corta-fogo

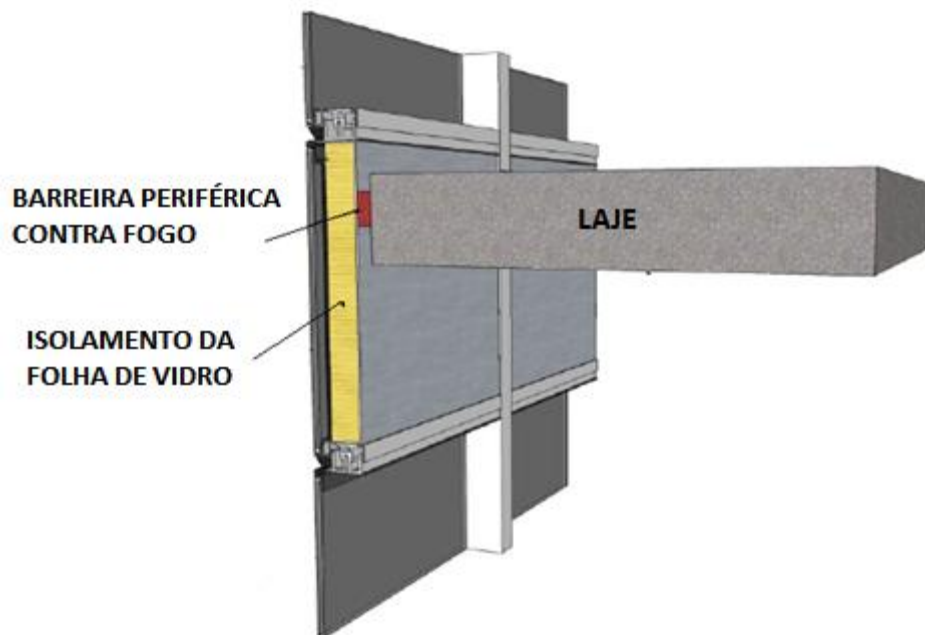


(fonte: elaborado pelo autor)

Como alternativa a esse sistema construtivo de fachadas pele de vidro, pode-se desvincular o elemento corta-fogo, parapeito de alvenaria, da supraestrutura da edificação, e consolidá-lo na fachada pele de vidro. Lança-se mão, assim, da barreira periférica contra fogo, respeitando os requisitos determinados pelo Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, conforme ilustrado na figura 32 e com as seguintes características:

- a) detalhes construtivos abordados no item 4.3.1 deste trabalho;
- b) isolamento da folha de vidro adjacente à borda externa da superestrutura da edificação com lã de rocha:
  - altura mínima de 1,2 metros;
  - espessura determinada pelo TRRF requerido.

Figura 32 – Isolamento da folha de vidro como elemento corta-fogo instalado na face interna da fachada pele de vidro adjacente à borda da laje



(fonte: CHEN e VICTOR, 2012)

Recomenda-se, da mesma maneira, ensaiar a barreira periférica contra fogo com seus detalhes construtivos adicionais, por exemplo, o isolamento da folha de vidro corta-fogo, através do método de ensaio proposto pela ASTM E2307, devida a sua diferenciada exposição ao fogo (CHEN e VICTOR, 2012).

## 6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO FOGO EM FACHADAS PELE DE VIDRO

No sistema construtivo de fachadas pele de vidro, há duas preocupações quanto à resistência ao fogo em situações de incêndio:

- a) barreira periférica contra fogo, pois a sua falha quebra a compartimentação vertical, ocasionando a propagação do fogo através do espaço formado entre a fachada pele de vidro e a supraestrutura da edificação;
- b) 'fachada pele de vidro corta-fogo' ou o 'elemento corta-fogo', pois a sua falha quebra a compartimentação horizontal na prática, ocasionando o retorno do fogo propagado pelo lado externo da fachada pele de vidro para o interior da edificação.

Ambas as situações estão descritas nos itens a seguir: o método de ensaio ASTM E2307 para a barreira periférica e o ensaio de compartimentação horizontal para a fachada pele de vidro corta-fogo.

### 6.1 MÉTODO DE ENSAIO ASTM E2307

A Norma E2307 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 1) "[...] descreve os critérios e métodos de ensaio utilizados para determinar a resistência ao fogo das barreiras periféricas contra fogo [...]".

Segundo a Norma E2307 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 1):

Barreira periférica contra fogo é a proteção da junta periférica, que fornece resistência ao fogo para prevenir a passagem de fogo de um andar para outro no interior da edificação através da abertura entre a parede exterior e a laje. A barreira periférica contra fogo é o único detalhe construtivo não abordado por outros métodos de ensaio de resistência ao fogo.

A barreira periférica contra fogo pertence ao grande grupo dos sistemas de vedação contra fogo, os quais são ensaiados quanto à resistência ao fogo conforme a Norma E1966<sup>14</sup>

<sup>14</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1966**: standard test method for fire-resistive joint systems. Philadelphia, 2015.

(*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 2). Porém, o ensaio de resistência ao fogo proposto à barreira periférica contra fogo é único, pois ela é exposta à incidência de fogo em duas direções simultaneamente, vertical e horizontal, devido a sua localização (NICHOLAS, 2005, p. 1).

Segundo a Norma E1966 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015a, p. 12):

[...] Um requisito do Método de Ensaio E1966 é o sistema de vedação ser exposto ao calor e fogo somente em um lado. O ensaio de um sistema de vedação colocado em uma junta periférica localizada entre um piso e uma parede exterior não se destina a ser ensaiado utilizando o Método de Ensaio E1966 [...]. O ensaio de um sistema de vedação instalado em uma junta periférica deve ter calor e fogo incidindo embaixo, bem como, na face externa da parede exterior. Este seria o pior cenário de ensaio de resistência ao fogo para um sistema de vedação utilizado em uma junta periférica. O método de ensaio para esse tipo de aplicação é o Método de Ensaio E2307.

Pode-se fazer uma analogia entre a Norma E1966 e a NBR 6479<sup>15</sup>, pois ambas são responsáveis por ensaiar, quanto à resistência ao fogo, componentes de construção destinados à vedação, onde há a incidência de fogo e calor em somente uma direção.

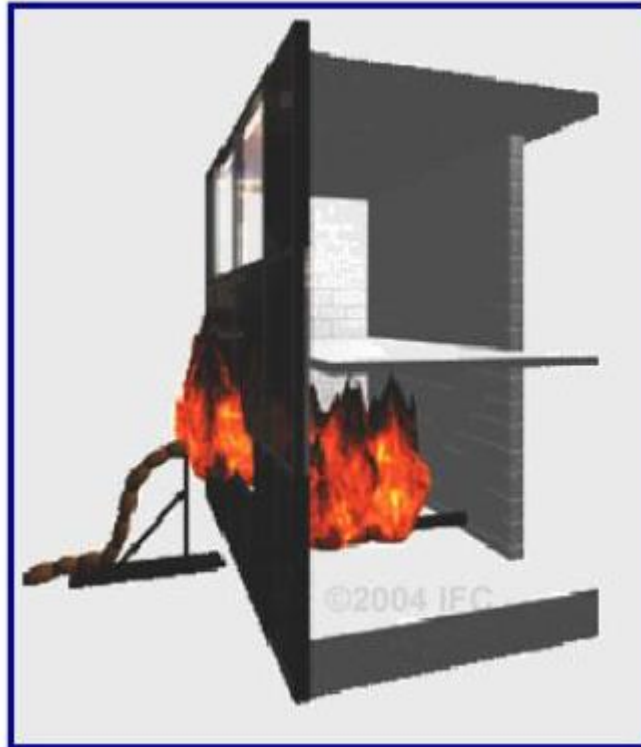
A Norma E2307 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 1) lança mão do aparato de ensaio ISMA (*intermediate-scale multistory test apparatus*) para ensaiar a resistência ao fogo de barreiras periféricas contra fogo, o qual simula a exposição ao fogo submetida a elas. Segundo Nicholas (2005, p. 3) e conforme ilustrado na figura 33 e 34, o método de ensaio E2307, utilizando o aparato de ensaio ISMA, é constituído principalmente pelos seguintes componentes:

- a) aparato de ensaio ISMA, o qual é similar a uma edificação de dois andares:
  - sem uma fachada lateral, para possibilitar a visualização do ensaio;
  - sem a fachada frontal, pois ela é substituída pela fachada de teste;
  - andar inferior, onde é simulada a origem do incêndio pelo queimador interno;
  - andar superior, onde é observada a propagação do incêndio através da barreira periférica contra fogo;
- b) pavimento de teste, o qual simula a supraestrutura do edifício, e é fixado na laje do aparato de ensaio ISMA;
- c) fachada de teste, a qual simula a fachada pele de vidro:

<sup>15</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6479**: portas e vedadores – determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 1992.

- janela aberta adjacente ao pavimento inferior;
  - queimador externo posicionado junto à janela aberta;
- d) barreira periférica contra fogo instalada entre o pavimento de teste e a fachada de teste.

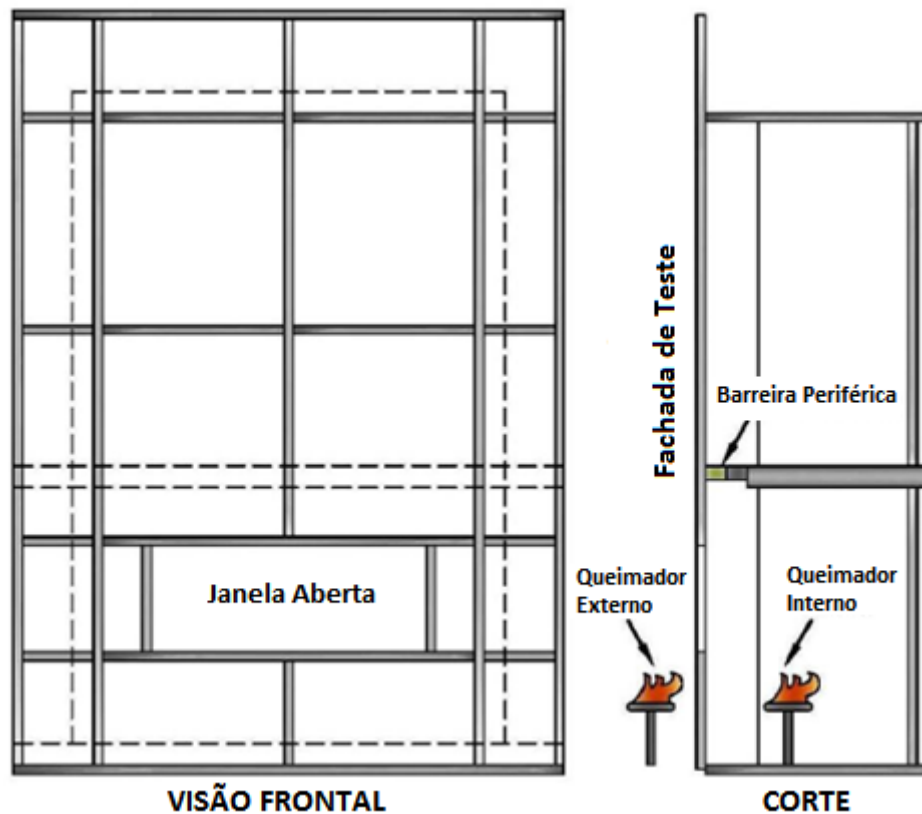
Figura 33 – Método de ensaio E2307/ISMA



(fonte: TOMA, 2012, p. 13)



Figura 34 – Componentes do método de ensaio E2307/ISMA



(fonte: TOMA, 2012, p. 14)

### 6.1.1 Construção do ensaio

De acordo com a Norma E2307 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 10), o pavimento de teste, a fachada de teste e a barreira periférica contra fogo devem ser representativos no que diz respeito a materiais, mão de obra e detalhes, conforme são utilizado na prática e de acordo com as especificações dos fabricantes.

A barreira periférica contra fogo deve ser instalada conforme item 4.3 deste trabalho. Em obra, para facilitar o preenchimento das frestas entre a fachada pele de vidro e a supraestrutura da edificação, a lã de rocha é colocada em partes justapostas, gerando, assim, emendas na barreira periférica contra fogo, as quais podem ser consideradas pontos de fraqueza quanto à resistência ao fogo (NICHOLAS, 2005, p. 4). A Norma E2307 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 10) determina que as barreiras periféricas ensaiadas devam conter emendas em sua extensão.

Segundo a Norma E2307 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 1), além de impedir a propagação do incêndio através da junta entre a fachada e a supraestrutura, a barreira periférica contra fogo acomoda vários movimentos provocados pelos seguintes fenômenos naturais:

- a) variação térmica;
- b) atividade sísmica;
- c) cargas de vento.

Devido a isso, após a instalação na fachada de teste e anteriormente ao ensaio de resistência ao fogo no aparato de ensaio ISMA, a barreira periférica contra fogo deve ser submetida ao ensaio de movimentos cíclicos, conforme apresentado na figura 35, o qual é similar a um dos ensaios descritos na Norma E1399<sup>16</sup>, a fim de simular os fenômenos naturais que ela acomoda na prática (NICHOLAS, 2005, p. 5-6). O ensaio de movimento consiste, basicamente, em repetir várias vezes o seguinte ciclo: expandir a barreira periférica contra fogo até a sua largura máxima, contrair até a sua largura mínima e retornar a sua largura nominal. Ao término do ensaio de movimentação, a fachada de teste e a barreira periférica são instaladas no aparato de ensaio ISMA; e a barreira periférica deve ser fixada em sua máxima largura, pois essa é a condição de maior vulnerabilidade para o ensaio de resistência ao fogo (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 17).

Figura 35 – Ensaio de movimento cíclico



(fonte: NICHOLAS, 2005, p. 5)

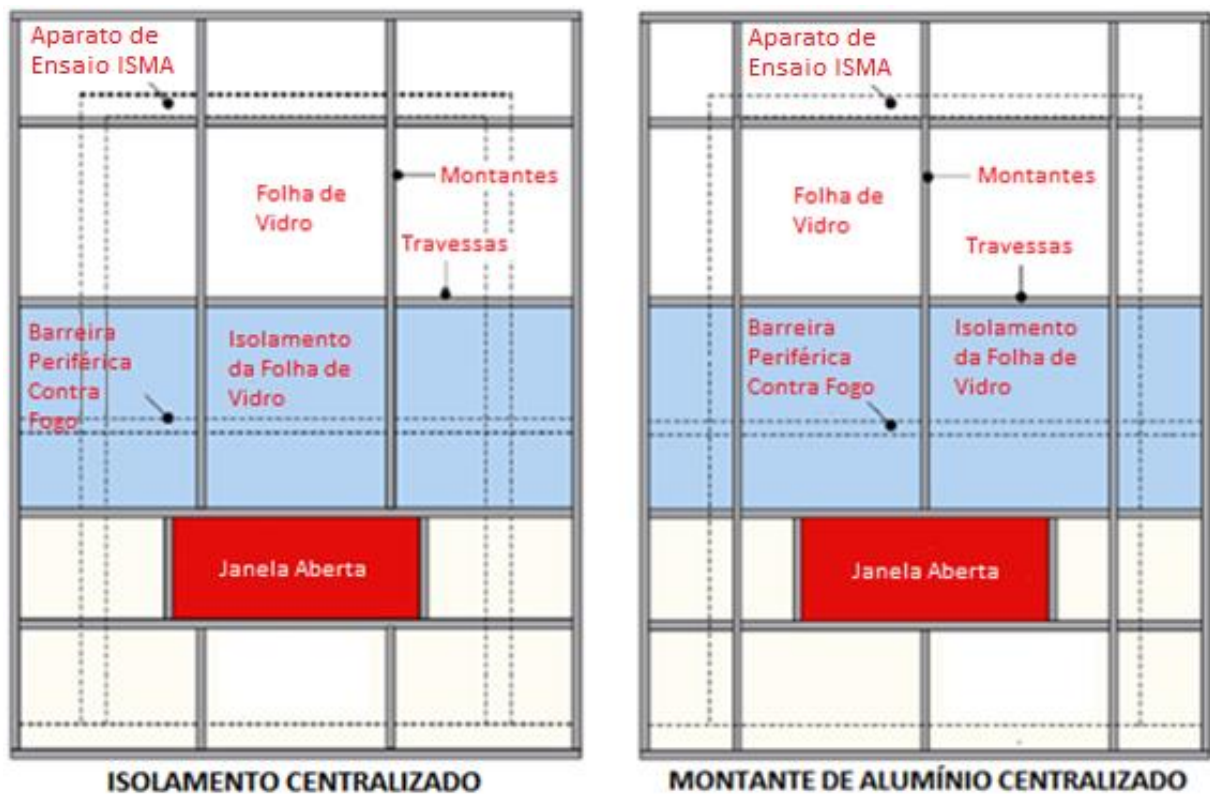
<sup>16</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1399**: standard test method for cyclic movement and measuring the minimum and maximum joint widths of architectural joint systems. Philadelphia, 1997.

A fachada de teste deve simular a fachada pele de vidro que será utilizada na edificação e conter todos os detalhes construtivos da barreira periférica contra fogo descritos no item 4.3.1 deste trabalho, pois a deflexão e a deformação da fachada influenciam o desempenho da barreira periférica contra fogo (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2015b, p. 13-14; NICHOLAS, 2005, p. 7). Entretanto, as folhas de vidro adjacentes à barreira periférica contra fogo devem ser retiradas, deixando exposto ao fogo somente o seu isolamento com lã de rocha. Esse é considerado o pior cenário, pois a placa de vidro e a camada de ar entre ela e o isolamento de lã de rocha conferem maior massa térmica à área adjacente à barreira periférica contra fogo (NICHOLAS, 2005, p. 11)

Segundo Nicholas (2005, p. 8-9), há duas configurações possíveis para a fachada de teste, conforme ilustrado na figura 36:

- a) isolamento da folha de vidro centralizado à janela aberta e ao queimador externo;
- b) montante de alumínio centralizado à janela aberta e ao queimador externo.

Figura 36 – Configurações possíveis à fachada de teste



(fonte: NICHOLAS, 2005, p. 8-9)

A fachada de teste com o montante de alumínio centralizado à janela aberta e, conseqüentemente, ao queimador externo é a configuração que proporciona o pior cenário para o ensaio de resistência ao fogo a barreiras periféricas contra fogo, por causa dos seguintes motivos (NICHOLAS, 2005, p. 8-9):

- a) o calor e fogo gerados pelo queimador externo são direcionados à conexão entre o montante e a travessa de alumínio, conforme apresentado na figura 37, ocasionando uma maior deformação à estrutura de alumínio e possivelmente seu rompimento;
- b) o arqueamento acentuado da travessa de alumínio junto à conexão rompe o isolamento de lã de rocha, conforme apresentado na figura 38, deslocando, assim, a barreira periférica contra fogo, como também, quebrando mais facilmente as placas de vidro acima do isolamento.

Figura 37 – Característica do incêndio gerado pelo queimador externo em uma fachada de teste com o montante de alumínio centralizado



(fonte: NICHOLAS, 2005, p. 11)

Figura 38 – Colapso do isolamento de lã de rocha adjacente à barreira periférica contra fogo



(fonte: NICHOLAS, 2005, p. 10)

### 6.1.2 Simulação do incêndio

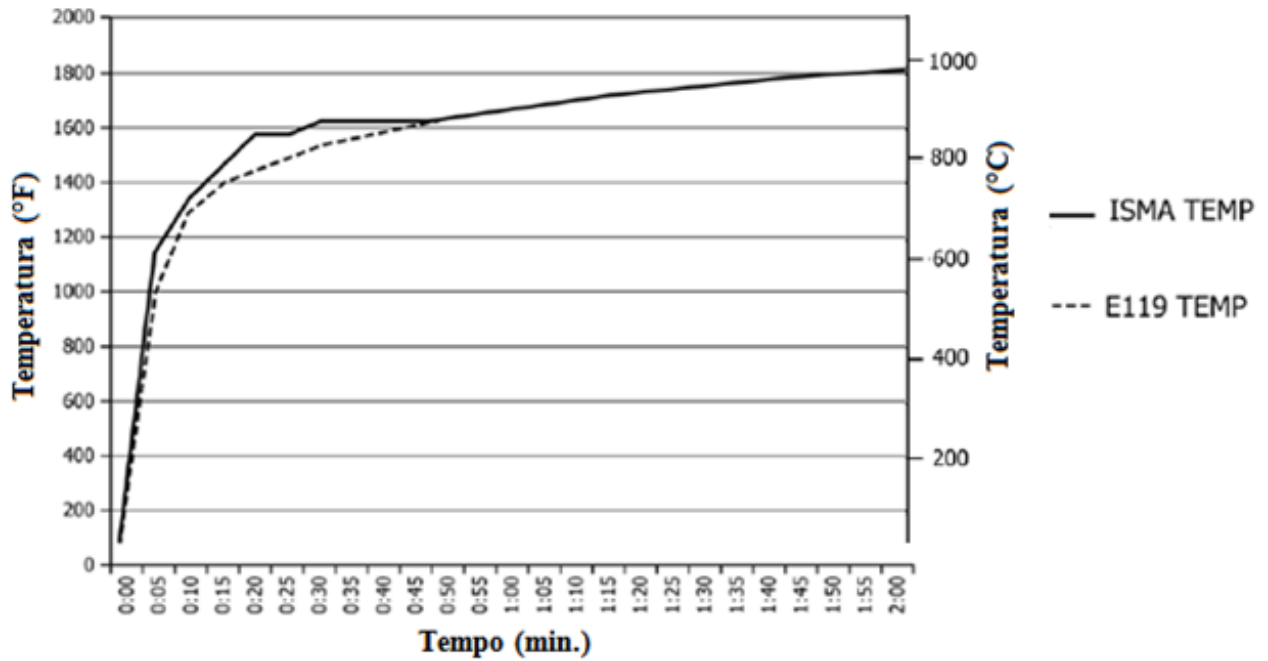
O método de ensaio E2307 utiliza-se de dois queimadores para simular, de uma maneira mais realista, as condições de exposição ao fogo a uma barreira periférica contra fogo (NICHOLAS, 2005, p. 3):

- a) queimador interno, o qual simula a origem do incêndio e a incidência de chamas e fumaça diretamente na parte inferior da barreira periférica contra fogo;
- b) queimador externo localizado na janela aberta, o qual simula a propagação do incêndio pelo lado externo da fachada pele de vidro e a incidência de calor e fogo na face externa da fachada e na interface entre a barreira periférica contra fogo e a fachada.

Durante os primeiros 30 minutos de ensaio, a elevação da temperatura é controlada de acordo com a Norma E2307, e é expressa conforme a curva ISMA TEMP ilustrada na figura 39. Após os 30 minutos iniciais, a elevação da temperatura é regulada conforme a curva tempo-

temperatura descrita na Norma E119<sup>17</sup>, a qual também é ilustrada na figura 39 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b; NICHOLAS, 2005).

Figura 39 – Curva tempo-temperatura ISMA/E119



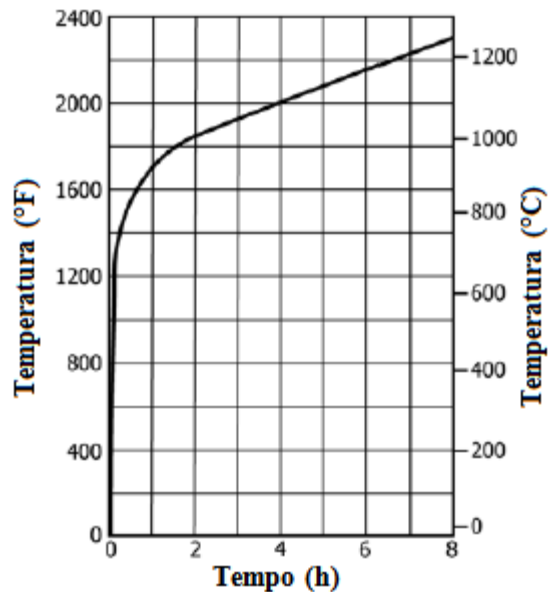
(fonte: *AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 13)

Segundo Nicholas (2005, p. 7), o ensaio de resistência ao fogo proposto pela Norma E2307 expõe a barreira periférica contra fogo a uma elevação de temperatura mais rigorosa comparado à Norma E119 nos primeiros 45 minutos; portanto, ensaiar e classificar a barreira periférica contra fogo conforme a Norma E1966 é uma prática questionável.

Observa-se que a Norma E1966 ensaia e classifica os sistemas de vedação contra fogo conforme a elevação da temperatura controlada pela curva tempo-temperatura proposta pela Norma E119, conforme ilustrada na figura 40. Essa prática é similar ao ensaio realizado em selos corta-fogo conforme a NBR 6479, onde é utilizada a curva padrão de elevação de temperatura em função do tempo, que é análoga a curva tempo-temperatura descrita na Norma E119. Além do fogo e calor incidirem em somente uma direção no método de ensaio descrito na Norma NBR 6479, a intensidade da temperatura nos primeiros 45 minutos é menor em comparação à Norma E2307.

<sup>17</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E119**: standard test method for fire tests of building construction an materials. Philadelphia, 2015.

Figura 40 – Curva tempo-temperatura E119



(fonte: *AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2016, p. 3)

### 6.1.3 Resultados

Segundo a Norma E2307 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 19), o isolamento térmico da barreira periférica contra fogo é determinado a partir da aferição de temperatura no decorrer do ensaio através de termopares instalados na superfície não exposta da barreira periférica contra fogo, conforme apresentado pela figura 41. O grau de isolamento térmico da barreira periférica é a quantidade de tempo passado entre o início das medições até atingir as seguintes condições:

- a) qualquer um dos termopares variar  $181^{\circ}\text{C}$  acima da temperatura inicial;
- b) a média da variação de temperatura de todos os termopares em um determinado tempo não pode ser superior a  $139^{\circ}\text{C}$ .

Figura 41 – Localização de alguns termopares antes do início do ensaio



(fonte: TOMA, 2012, p. 16)

A superfície não exposta ao fogo da barreira periférica contra fogo deve ser observada, a partir do andar superior do aparato de ensaio ISMA, a cada 15 minutos, no máximo, a fim de verificar a integridade e estanqueidade da barreira periférica contra fogo, conforme visualizado na figura 42. O ensaio termina no instante de tempo que a intensidade de chamas e gases quentes (fumaça), provenientes de buracos, rachaduras ou passantes através da barreira periférica, atear fogo em um chumaço de algodão posicionado próximo a superfície não exposta (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 18-19).



Figura 42 – Superfície não exposta da barreira periférica contra fogo após o término do ensaio



(fonte: TOMA, 2012, p. 25)

Observa-se que a determinação do grau de resistência ao fogo descrito na Norma E2307 é análoga à NBR 6479. Ou seja, a barreira periférica contra fogo será classificada como corta-fogo, quando, mantendo-se íntegra e estanque, apresentar a característica de isolamento térmico; e será graduada conforme seu desempenho no tempo em minutos, até atingir as mesmas condições da aferição de temperatura previstas na Norma E2307.

#### **6.1.4 Limitação do ensaio**

Segundo a Norma E2307 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2015b, p. 1), "Este método de ensaio descreve critérios e métodos de ensaio utilizados para determinar a resistência ao fogo das barreiras periféricas contra fogo [...]", ou seja, de acordo com Nicholas (2005, p. 12), "A determinação da resistência ao fogo da laje e da parede exterior estão fora do âmbito do presente método de ensaio."

A principal limitação do método de ensaio proposto pela Norma E2307 é a não possibilidade de ensaiar a resistência ao fogo da compartimentação horizontal da fachada pele de vidro

exercida pela 'fachada pele de vidro corta-fogo' ou pelo 'elemento corta-fogo', os quais impedem o retorno do incêndio propagado pelo lado externo da fachada ao interior da edificação, conforme anteriormente ilustrado na figura 14; pois a intensidade de calor e fogo gerada pelo queimador externo não consegue atingir a magnitude do *flash-over* de um incêndio real acima do plano da barreira periférica contra fogo (NICHOLAS, 2005, p. 12-13). Essa limitação pode ser percebida comparando a intensidade de um incêndio real em uma fachada pele de vidro, que pode ser visualizada figura 1; e a intensidade de fogo gerado pelo queimador externo, conforme apresentado na figura 37.

Tendo em vista essa limitação, o ensaio da barreira periférica contra fogo deve ser combinado com o ensaio de resistência ao fogo da fachada de teste conforme a Norma E119 para promover a compartimentação horizontal da fachada pele de vidro; assim todo o sistema construtivo da fachada será resistente ao fogo (NICHOLAS, 2005, p. 13).

Segundo a Norma E119 (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 2016, p. 1):

[...] Os métodos de ensaio descritos nesta norma de resistência ao fogo são aplicáveis a unidades de alvenaria e elementos compostos de materiais estruturais para edifícios, incluindo paredes estruturais e outras paredes e divisórias, colunas, vigas, lajes [...]. Eles são também aplicáveis a outros conjuntos e unidades estruturais que constituem partes integrantes permanentes de um edifício acabado.

Pode-se fazer uma analogia entre a Norma E119 e a NBR 10636<sup>18</sup>. Porém, a NBR 10636 somente ensaia, quanto à resistência, ao fogo, paredes de compartimentação sem função estrutural, que é o caso das fachadas pele de vidro.

Anteriormente ao ensaio da barreira periférica contra fogo, acredita-se ser recomendável ensaiar, quanto à resistência ao fogo, um corpo de prova referente ao sistema de compartimentação horizontal das fachadas pele de vidro pela NBR 10636. Pois, assim, esse sistema de fachada ensaiado pela NBR 10636 poderá servir como base para a construção de um novo corpo de prova para o ensaio E2307, ou seja, a fachada de teste, a fim de garantir maior veracidade ao ensaio da barreira periférica contra fogo.

<sup>18</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10636**: paredes divisórias sem função estrutural – determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 1989.

## 6.2 ENSAIO DE COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL

O procedimento para determinar a resistência ao fogo da compartimentação horizontal na prática de fachadas pele de vidro é descrito na Norma NBR 10636 a partir dos itens a seguir, e conforme exemplificado na figura 43 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 1-7):

- a) aparelhagem;
- b) execução do ensaio;
- c) resultados.

Figura 43 – Ensaio de resistência ao fogo em unidade envidraçada



(fonte: OLIVEIRA, 2016)

De acordo com o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 209), há duas possibilidades para impedir o retorno do incêndio propagado na face externa da fachada ao interior da edificação:

- a) fachada pele de vidro corta-fogo, conforme abordado no item 5.2.1 deste trabalho;
- b) elemento corta-fogo, conforme abordado no item 5.2.2 deste trabalho.

A NBR 10636 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 1) ressalta que o corpo de prova, referentes às duas possibilidades de compartimentação horizontal, deve ser representativo à prática em obra. Entenda-se que o corpo de prova deva conter todos os componentes de uma fachada pele de vidro resistente ao fogo: estrutura de esquadrias de alumínio, sistema de fixação, folhas de vidro ou isolamento da folha de vidro.

O Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2015c, p. 209) prevê, em fachadas pele de vidro não corta-fogo, a adoção de parapeito corta-fogo de no mínimo 1,2 metros de altura entre dois pavimentos. Acredita-se que tal exigência pode ser estendida a fachadas pele de vidro corta-fogo, ou seja, somente o trecho da fachada pele de vidro com altura de no mínimo 1,2 metros localizado entre dois pavimentos consecutivos deve ser corta-fogo.

Em fachadas pele de vidro não corta-fogo, lança-se mão do isolamento da folha de vidro adjacente a supraestrutura do edifício como elemento corta-fogo, conforme observado no item 5.2.2 deste trabalho, o qual é constituído basicamente por lâ de rocha. Segundo Nicholas (2005, p. 11), o corpo de prova representativo não deve conter as folhas de vidro, pois elas podem proporcionar maior resistência ao fogo para o corpo de prova; ensaia-se, assim, o pior cenário, ou seja, expondo o isolamento de lâ de rocha diretamente ao fogo.

Em fachadas pele de vidro corta-fogo, não é necessário que o isolamento da folha de vidro adjacente à supraestrutura da edificação tenha uma altura mínima de 1,2 metros; pois é a própria fachada (folhas de vidro, estrutura de alumínio, sistemas de fixação) que desempenha a função corta-fogo nesse trecho de 1,2 metros entre pavimentos consecutivos. Acredita-se, também, que a espessura da lâ de rocha do isolamento seja menor nessa situação, quando comparada com a espessura do isolamento em fachadas pele de vidro não corta-fogo; pois o isolamento da folha de vidro em fachadas pele de vidro corta-fogo constitui os detalhes construtivos da barreira periférica contra fogo, portanto a espessura e altura do isolamento serão determinadas no ensaio de resistência ao fogo conforme a Norma E2307.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da pesquisa bibliográfica, não foram encontrados trabalhos de graduação e pós-graduação, artigos científicos e normas técnicas nacionais referentes à resistência ao fogo em fachadas pele de vidro. Portanto, a alternativa foi buscar, na literatura norte-americana, o conhecimento específico sobre esse assunto.

O Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, referência nacional sobre a segurança contra incêndio em edificações, traz algumas recomendações sobre a resistência ao fogo em fachadas pele de vidro: soluções de segurança, como o parapeito corta-fogo entre pavimentos; e métodos de ensaio de resistência ao fogo, como as Normas NBR 6479 e NBR 10636. A literatura norte-americana recomenda, principalmente, a barreira periférica contra fogo, como solução de segurança; e a Norma ASTM E2307, como método de ensaio.

Ao analisar as recomendações do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo em conjunto com as recomendações da comunidade técnico-científica norte-americana, verificaram-se as seguintes considerações:

- a) o método de ensaio descrito pela NBR 6479 não está capacitado para ensaiar, quanto à resistência ao fogo, barreiras periféricas contra fogo, e garantir a compartimentação vertical em fachadas pele de vidro, pois expõe a barreira periférica a uma incidência linear de fogo, ou seja, somente na direção vertical; enquanto que a barreira periférica contra fogo sofre a incidência de fogo em duas direções: vertical e horizontal, por causa da sua interação com a fachada pele de vidro. A *American Society for Testing and Materials* (ASTM), percebendo a complexidade envolvida em simular o incêndio submetido às barreiras periféricas contra fogo, desenvolveu a Norma E2307 especialmente para ensaiar a resistência ao fogo de barreiras periféricas. Os itens 5.2.1 e 6.1 desse trabalho observam os pontos de inferioridade da Norma NBR 6479 em relação à Norma E2307;
- b) a NBR 10636 está capacitada para ensaiar a compartimentação horizontal na prática em fachadas pele de vidro, uma vez que essa é uma limitação da Norma E2307. Os itens 6.1.4 e 6.2 desse trabalho observam essa consideração;
- c) o parapeito corta-fogo, utilizado na compartimentação de fachadas pele de vidro, é, provavelmente, ineficaz; podendo tornar-se um grande vilão em situações de incêndio, conforme observado no item 5.2.2 deste trabalho. E, também, não foi encontrado nenhum trabalho científico que comprove a eficácia dessa solução recomendada pelo Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo.

Portanto, os edifícios com fachadas pele de vidro, os quais foram avaliados, quanto à resistência ao fogo, conforme as recomendações do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, não seriam considerados seguros contra incêndio na América do Norte.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1966**: standard test method for fire-resistive joint system. Philadelphia, 2015a.
- \_\_\_\_\_. **ASTM E2307**: standard test method for determining fire resistance of perimeter fire barriers using intermediate-scale, multi-story test apparatus. Philadelphia, 2015b.
- \_\_\_\_\_. **ASTM E119**: standard test methods for fire tests of building construction and materials. Philadelphia, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10636**: paredes divisórias sem função estrutural – determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 1989.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6479**: portas e vedadores – determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 1992.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13860**: glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. **NBR 14432**: exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - procedimento. Rio de Janeiro, 2001a.
- \_\_\_\_\_. **NBR 14697**: vidro laminado. Rio de Janeiro, 2001b.
- \_\_\_\_\_. **NBR 14925**: unidades envidraçadas resistentes ao fogo para uso em edificações. Rio de Janeiro, 2003.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 293**: terminologia de vidros planos e dos componentes acessórios a sua aplicação. Rio de Janeiro, 2004a.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 294**: vidro float. Rio de Janeiro, 2004b.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 295**: vidro aramado. Rio de Janeiro, 2004c.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10821-1**: esquadrias externas para edificações – parte 1 – terminologia. Rio de Janeiro, 2011a.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10821-2**: esquadrias externas para edificações – parte 2 – requisitos e classificação. Rio de Janeiro, 2011b.
- \_\_\_\_\_. **NBR 16015**: vidro insulado: características, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6599**: alumínio e suas ligas – processo e produtos – terminologia. Rio de Janeiro, 2013.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15329**: produtos de ligas de alumínio para uso estrutural na arquitetura e na construção civil – especificação. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_**NBR 7199**: projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil. Rio de Janeiro, 2016.

BIBBO, B. Doha tower blaze due to violation of safety rules. **Gulf News**, Qatar, Maio 2006. Disponível em: <<http://gulfnews.com/news/gulf/qatar/doha-tower-blaze-due-to-violation-of-safety-rules-1.238725>>. Acesso em: 28 out. 2016.

CAMPOS, A. T.; CONCEIÇÃO, A. L. S. da. **Manual de segurança contra incêndio e pânico**: proteção passiva. Brasília: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2006.

CASELLI, C. K. **Fachada de edifício residencial em vidro no século XXI: clima, conforto e conservação de energia**. 2011. 243f. Trabalho de Conclusão (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismos, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.

CHEN, K. M. G.; VICTOR, F. Curtain wall firestop review of code requirement and design issues. **GHL Consultants LTD**, Vancouver, Oct. 2012. Disponível em: <[http://www.ghl.ca/shared/2012F\\_-\\_Curtain%20Wall%20Firestop.pdf](http://www.ghl.ca/shared/2012F_-_Curtain%20Wall%20Firestop.pdf)>. Acesso em: 9 mar. 2016.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica n° 02**: conceitos básicos de segurança contra incêndio. São Paulo, 2015a.

\_\_\_\_\_**Instrução Técnica n° 08**: resistência ao fogo dos elementos de construção. São Paulo, 2015b.

\_\_\_\_\_**Instrução Técnica n° 09**: compartimentação horizontal e compartimentação vertical. São Paulo, 2015c.

FIRE containment systems. Wabash, Thermafiber: life-safety, [20--]. Disponível em: <<http://www.buildsite.com/pdf/thermafiber/Thermafiber-Fire-Containment-Systems-476629.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

MARCATTI, J.; BERQUÓ FILHO, J. E.; COELHO FILHO, H. da S. **Compartimentação e afastamento entre edificações**. In: SEITO, A. I. et al. A segurança contra incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008, cap. XI, p. 169-179.

MITIDIARI, L. M. **O comportamento dos materiais e componentes construtivos diante do fogo – reação ao fogo**. In: SEITO, A. I. et al. A segurança contra incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008, cap. V, p. 55-76.

NEGRISOLO, W. **Arquitetura e segurança contra incêndio**. 2011. 447f. Trabalho de Conclusão (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

NICHOLAS, J. D. The development and use of perimeter joint protection testing. **Journal of ASTM International**, West Conshohocken, v. 2, n. 7, p. 1-14, Aug. 2005.

OLIVEIRA, L. A. de. **Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves**. 2009. 267f. Trabalho de Conclusão (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.



OLIVEIRA, C. R. M de. Proposta de classificação geral da resistência ao fogo de elementos e componentes construtivos como base para o aprimoramento dos métodos de ensaio normalizados empregados no Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PROTEÇÃO PASSIVA CONTRA INCÊNDIO, 2016, São Paulo. **Anais...** Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Não paginado. Disponível em: <[http://www.ipt.br/download.php?filename=1404Proposta\\_de\\_classificacao\\_da\\_resistencia\\_ao\\_fogo\\_de\\_elementos\\_e\\_componentes\\_construtivos\\_\\_Carlos\\_Roberto\\_Metzker\\_IPT.pdf](http://www.ipt.br/download.php?filename=1404Proposta_de_classificacao_da_resistencia_ao_fogo_de_elementos_e_componentes_construtivos__Carlos_Roberto_Metzker_IPT.pdf)>. Acesso em: 5 out. 2016.

ROSSO, S. Cortina de vidro: o que considerar no projeto de fachada-cortina e como evitar sobrecarga de ar-condicionado. **Revista Técnica**. São Paulo, ano 15, n. 122, p. 42-50, maio 2007.

SANTOS, M. M. dos. **Análise crítica da execução de uma fachada de vidro**. 2013. 70f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SEITO, A. I. **Fundamentos do fogo e incêndio**. In: SEITO, A. I. et al. A segurança contra incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008, cap. IV, p. 35-54.

SILVA, V. P. e; PINTO, E. M.; PANNONI, F. D.; SILVA, A. A. da. **Segurança das estruturas em situação de incêndio**. In: SEITO, A. I. et al. A segurança contra incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008, cap. X, p. 135-167.

SISTEMAS de fachadas: desenvolvimento tecnológico marca evolução do setor. **Finestra**. São Paulo, ano 10, n. 41, p. 52-67, abr./maio/jun. 2005.

SOUZA, J. **Alternativas Tecnológicas para Edificações**. São Paulo: Pini, 2008.

TAMAKI, L. Fachada crítica: consultor alerta para os riscos de montagem de painéis unitizados de esquadrias na obra. **Revista Técnica**. São Paulo, ano 19, n. 175, p. 18-25, out. 2011.

TOMA, A. Curtain Wall Fire Protection System. In: SAFETY DESIGN IN BUILDINGS FORUM, 2012, Dubai. **Anais...** Hilti. Não paginado. Disponível em: <<http://sesam-uae.com/safetydxb/presentations/Amir-Toma-Hilti.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

VAN DALEN, B. et al. **Performance- theory and pitfalls**. In: VAN DALEN, B. et al. Glass and Metal Curtain Walls: best practice guide building technology. Canada: Canada Mortgage and Housing Corporation, 2004, cap. IV, p. 1-27.

VEDOVELLO, C. A. da S. **Gestão de projetos de fachadas**. 2012. 406f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.