

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Milka Lisboa Ricalde

**FACHADAS VENTILADAS EM CONDIÇÃO DE INCÊNDIO**

Santa Cruz do Sul

2020

Milka Lisboa Ricalde

## **FACHADAS VENTILADAS EM CONDIÇÃO DE INCÊNDIO**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Ms. Marcus Daniel Friederich dos Santos.

Santa Cruz do Sul  
2020

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer à Deus por estar aqui hoje e por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Agradeço à minha mãe Jacqueline, que não mediu esforços para que eu chegasse até aqui, e ao meu pai Marcus, que sempre me incentivou a ir atrás dos meus objetivos. Obrigada mãe e pai por todo amor e dedicação, vocês sabem que essa conquista é nossa.

Agradeço à minha irmã Mariana, por sempre estar presente para mim, mesmo distante.

Agradeço ao Alan, meu maior incentivador, pelo apoio e compreensão nos momentos em que estive ausente.

Agradeço às minhas amigas e futuras colegas de profissão Ângela, Júlia, Larissa, Lilyana, Luísa e Maira, por todos os momentos inesquecíveis que compartilhamos durante a graduação e por sempre estarem presentes.

Agradeço ao meu orientador, Marcus Daniel Friederich dos Santos por todo o conhecimento transmitido e pelo auxílio e suporte dedicado à elaboração deste trabalho.

Por fim, deixo aqui minha gratidão à todas as pessoas que de alguma forma participaram desta jornada que aqui se encerra.

## RESUMO

O presente trabalho traz uma análise do comportamento do sistema de fachadas com revestimento não aderido, mais especificamente fachadas ventiladas, em situação de incêndio. A problemática que motivou este estudo se dá pelo fato de este tipo de solução de fachada possuir características capazes de contribuir de maneira significativa para a propagação de um incêndio, tanto pelo exterior da fachada, através do revestimento aplicado, quanto pelo seu interior, através da caixa de ar formada entre o revestimento e o substrato, a qual vem a ser um espaço favorável para a propagação das chamas. Inicialmente, buscou-se compreender o funcionamento do sistema de fachadas ventiladas, bem como os mecanismos do fogo e como se dá a propagação de um incêndio. Buscou-se, ainda, explanar as principais tipologias de revestimento mais utilizadas neste tipo de solução e as vantagens e desvantagens de cada um. A metodologia aplicada contemplou o estudo de casos de incêndio ocorridos em edificações com sistema de fachada ventilada para que se pudesse compreender a problemática apresentada por meio de situações reais. Na sequência foi feito o levantamento junto aos fabricantes da reação ao fogo dos principais tipos de materiais empregados em revestimento de fachada e o enquadramento destes no tocante à legislação de incêndio em vigor. Como resultado deste estudo reconheceu-se que o tipo do material empregado no revestimento é um fator determinante para o comportamento da edificação frente ao fogo, mas, também, constatou-se que a caracterização isolada do comportamento ao fogo dos produtos empregados na composição do sistema de fachadas ventiladas não é suficiente para qualificar o comportamento e assegurar a eficiência do sistema de fachada ventilada como um todo. Reafirmou-se, através da pesquisa, que a legislação acerca desse tipo de solução ainda é muito deficiente, o que faz com que os projetistas e fabricantes não tenham uma perspectiva clara do que é ou não permitido, de modo que há necessidade de melhoria nas normativas existentes para que se garanta uma boa concepção do sistema, que minimize os riscos de incêndio.

**Palavras-chave:** Fachada ventilada. Revestimento. Incêndio. Reação ao fogo.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Camadas constituintes do revestimento cerâmico de fachada. ....	20
Figura 2 - Camadas constituintes do revestimento de pintura.....	21
Figura 3 - Fachada com revestimento não aderido em Santa Cruz do Sul. ....	22
Figura 4 - Fachada cortina. ....	24
Figura 5 - Fachadas ventiladas com placas rejuntadas e fachadas ventiladas com placas isoladas.....	25
Figura 6 - Fachada ventilada com isolante térmico. ....	32
Figura 7 - Triângulo do fogo e tetraedro do fogo. ....	34
Figura 8 - Diferentes processos de transmissão de calor.....	36
Figura 9 - Modelo de compartimentação vertical (verga peitoril).....	43
Figura 10 - Modelo de compartimentação vertical (prolongamento do entrepiso).....	43
Figura 11 - Modelo de compartimentação vertical (fachada envidraçada).....	44
Figura 12 - Compartimentação vertical em fachadas "pele de vidro".....	45
Figura 13 - Grenfell Tower: primeiras horas do incêndio.....	49
Figura 14 – Revestimento após o incêndio no edifício multifamiliar em Gaia.....	51
Figura 15 - Incêndio na residência estudantil "The Cube".....	52
Figura 16 - Residência estudantil "The Cube" após incêndio.....	52
Figura 17 - Granito amarelo veneziano.....	53
Figura 18 - Porcelanato técnico.....	54
Figura 19 - Painel de alumínio composto.....	55
Figura 20 - Placa de concreto polimérico.....	55
Figura 21 - Painel fenólico.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grau de confiabilidade do substrato para seu emprego como base de ancoragens para revestimentos não aderidos.....	27
Tabela 2 - Classe de reação ao fogo dos revestimentos selecionados.....	57
Tabela 3 - Classificação das edificações e áreas de risco de incêndio quanto ao grau de risco de incêndio .....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACM	<i>Aluminium Composite Material</i> / Material de Alumínio Composto
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i> / Sociedade Americana para Testes e Materiais
CBPMESP	Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
CMAR	Controle de materiais de acabamento e revestimento
CNAE	Classificação nacional de atividades econômicas
EN	<i>European Norm</i> / Norma Europeia
EPS	Poliestireno expandido moldado
HPL	<i>High Pressure Laminate</i> / Pannel laminado de alta pressão
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> / Organização Internacional de Normalização
IT	Instrução Técnica
PIR	Espuma rígida de poli-isocianurato
PUR	Espuma de poliuretano projetado
RNA	Revestimento não aderido
SFV	Sistema de fachadas ventiladas
SVVE	Sistema de vedação vertical externa
SVVIE	Sistema de vedações verticais internas e externas
TRRF	Tempo requerido de resistência ao fogo
VUP	Vida útil de projeto
XPS	Poliestireno expandido extrudido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Área de pesquisa.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Limitação do tema .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.1 Objetivo geral.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>1.4 Justificativa.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Fachadas.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Critérios de desempenho .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.1 Segurança .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.2 Habitabilidade.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.3 Sustentabilidade.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Revestimentos de fachadas .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1 Revestimentos aderidos .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2 Revestimentos não aderidos.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.2.1 Fachada cortina .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2.2 Fachada ventilada .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4 Sistemas de fachadas ventiladas.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.1 Base suporte de fixação .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.2 Sistema de fixação .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.3 Câmara de ar e sistema de ventilação.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.4 Materiais para revestimento .....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.4.1 Rocha natural.....</b>	<b>29</b>
<b>2.4.4.2 Cerâmica .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4.4.3 Grês porcelanato .....</b>	<b>29</b>



2.4.4.4 Fenólico.....	30
2.4.4.5 Alumínio composto .....	30
2.4.4.6 Concreto.....	30
2.4.4.7 Vidro .....	31
2.4.5 Isolante térmico .....	31
2.4.5.1 Isolantes de origem mineral .....	32
2.4.5.2 Isolantes termorrígidos.....	33
2.4.5.3 Isolantes termoplásticos .....	33
2.5 Fachadas ventiladas em situação de incêndio .....	34
2.5.1 O fogo: análise do fenômeno .....	34
2.5.2 Propagação do calor .....	35
2.5.3 Classificação ao fogo de produtos de construção.....	36
2.5.3.1 Resistência ao fogo.....	37
2.5.3.2 Reação ao fogo.....	38
2.5.4 Comportamento ao fogo dos componentes da fachada ventilada .....	39
2.5.5 Propagação do incêndio em fachadas .....	40
2.5.6 Compartimentação .....	42
3 METODOLOGIA .....	46
3.1 Caracterização da pesquisa .....	46
3.2 Delineamento da pesquisa .....	46
4 ANÁLISES E DISCUSSÕES .....	48
4.1 Casos de incêndio em edifícios com fachada ventilada.....	48
4.1.1 Grenfell Tower, Londres, junho de 2017 .....	48
4.1.2 Edifício residencial, Gaia, abril de 2008 .....	50
4.1.3 The Cube, Bolton, novembro de 2019 .....	51
4.2 Análise dos materiais quanto à composição e combustibilidade.....	52
4.2.1 Rocha natural.....	53

<b>4.2.2 Cerâmica .....</b>	<b>54</b>
<b>4.2.3 Placa metálica.....</b>	<b>54</b>
<b>4.2.4 Concreto polimérico.....</b>	<b>55</b>
<b>4.2.5 Painei fenólico .....</b>	<b>56</b>
<b>4.3 Exigências em relação à compartimentação no cenário brasileiro .....</b>	<b>59</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>62</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO A - Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minutos ....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO B - Classificação dos materiais exceto revestimentos de piso .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO C - Classe dos materiais a serem utilizados considerando o grupo/divisão.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO D - Exigência de compartimentação vertical para edificações com área superior a 750m<sup>2</sup> ou altura superior a 12m .....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista construtivo, um edifício pode ser considerado um sistema, o qual pode ser dividido em diferentes subsistemas: fundações, estrutura, vedações, instalações, cobertura, impermeabilização, entre outros. Segundo Oliveira (2009), a fachada corresponde a um destes subsistemas, nomeadamente o de vedação vertical externa, sendo constituída por elementos que separam os ambientes internos dos externos, controlando a ação do clima e de agentes indesejáveis.

Desde o seu surgimento, a construção civil apresenta-se como um dos setores que mais consome recursos naturais e energia, trazendo um grande impacto negativo ao meio ambiente, logo, é fundamental que se busque alternativas para atender às necessidades do mercado minimizando os danos ao lugar em que vivemos. Além da questão ambiental, a preocupação com o bem-estar do usuário de uma edificação é outra pauta que tem ganhado destaque. A ABNT NBR 15575:2013, estabelece os requisitos mínimos de desempenho para edificações habitacionais quanto à segurança, habitabilidade e sustentabilidade, a fim de proporcionar o conforto e a segurança daqueles a ocupam. Aliado a estas duas questões, a ideia de desenvolvimento sustentável e as exigências mínimas de desempenho, o conceito de fachada ventilada vem ganhando cada vez mais espaço no ramo da construção de edifícios.

Amplamente utilizada no hemisfério Norte, a fachada ventilada tem como principal característica o afastamento entre o revestimento e a vedação vertical, formando uma caixa de ar ventilada dentre estes. Esta caixa de ar, através do efeito chaminé, é a principal responsável pelo elevado desempenho térmico da edificação, que tem como consequência a redução no consumo de energia, fator determinante para a larga adoção deste tipo de solução no Brasil. Contudo, Martins (2009) destaca que este sistema possui características capazes de criar cenários onde risco de propagação de um incêndio é altamente elevado, sendo, inclusive, superior ao do sistema de fachada convencional. O autor afirma isso baseado no fato de que a câmara de ar ventilada é capaz acelerar a propagação do fogo em seu interior. Não obstante, a propagação das chamas também pode ocorrer pela superfície exterior do revestimento e, por este motivo, é importante se ter conhecimento sobre a reação e resistência ao fogo dos materiais empregados, bem como de maior ou menor facilidade de ignição dos mesmos ou, ainda, eventual probabilidade de desintegração

e lançamento de partículas inflamadas (GUERRA E SANTOS, 2016). Em complemento, Silva (2001) menciona pesquisas europeias as quais apontam que o risco de morte em um incêndio é 30 vezes menor que o risco de morte no sistema de transporte, e que as mortes acontecem principalmente por asfixia nos primeiros minutos do sinistro. Esta informação reforça a importância do estudo da combustibilidade dos materiais empregados quanto à emissão de fumos. Embora nenhum material de construção seja efetivamente à prova de fogo, edificações bem projetadas e construídas, com o uso de materiais de construção relativamente resistentes ao fogo, podem prevenir este tipo de tragédia. Nesse caso, cabe ao projetista definir as soluções mais seguras e mais econômicas para o edifício em tela, sempre apoiado nos princípios da sustentabilidade e bem-estar do usuário.

### **1.1 Área de pesquisa**

O presente trabalho acadêmico se desenvolve na área de revestimento de fachadas do tipo não aderidos, com foco no sistema de fachadas ventiladas (SFV).

### **1.2 Limitação do tema**

O conteúdo deste estudo está direcionado para a subárea de segurança contra incêndio em edifícios, abordando a resposta ao incêndio do sistema de fachadas ventiladas.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar o comportamento do sistema de fachadas ventiladas em condições de incêndio, bem como avaliar o desempenho dos materiais empregados no revestimento quanto à segurança contra incêndio.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Reunir as principais definições e informações técnicas sobre fachadas ventiladas a fim de melhor compreender o seu funcionamento;
- Especificar os mecanismos de propagação do fogo bem como os riscos associados ao sistema de fachadas ventiladas;
- Analisar a composição dos materiais usualmente empregados em revestimentos não aderidos a fim de apontar as melhores opções;
- Analisar casos incêndio ocorridos em edifícios com fachada ventilada;
- Apresentar possíveis medidas para reduzir a propagação do incêndio nas fachadas ventiladas.

### 1.4 Justificativa

Foram-se os tempos em que as fachadas desempenhavam apenas papel estético nas edificações. Nos dias atuais, as fachadas desempenham papel de grande relevância quanto à funcionalidade dos empreendimentos e, diante disso, surgiram novas soluções tecnológicas no mercado.

Nesse contexto, têm-se evidenciado cada vez mais as vantagens do sistema de fachadas ventiladas (SFV), como conforto térmico e acústico, economia energética, diminuição das patologias, facilidade de manutenção na fachada, entre outras (DIREITO, 2011). Contudo, é importante atentar que, como qualquer tipo de sistema, ele tem suas desvantagens e, apesar de serem poucas, faz-se necessário um ponderamento, a fim de refletir até que ponto estas são superadas pelas vantagens.

Destaca-se isso, pois uma das principais problemáticas do sistema de fachadas ventiladas está centrada no quesito segurança contra incêndio, dado que a cavidade formada entre o revestimento e o substrato é capaz de propagar chamas em uma velocidade extremamente rápida, alastrando um incêndio em segundos. O incêndio ocorrido na torre *Grenfell*, em Londres, em junho de 2017, é um exemplo claro desta afirmativa. Deixando 72 vítimas mortais, o fogo teve início em um apartamento do quarto andar e rapidamente se espalhou pelos 24 andares da edificação através da fachada. Como agravante, as placas empregadas no revestimento continham um material altamente combustível em sua composição, fator que também contribuiu para o rápido alastramento do incêndio (BBC, 2018). Com base nisso, ressalta-se a

necessidade do presente estudo, para que se possa avaliar a resposta ao incêndio do sistema de fachadas ventiladas e estudar meios de evitar a propagação do fogo pela fachada, sem perder as características ou reduzir as vantagens do sistema. E ainda, analisar a composição dos materiais usualmente empregados no revestimento, a fim de apontar as melhores opções para o sistema no quesito segurança contra incêndio.

Outra adversidade atribuída ao sistema de fachadas ventiladas é a escassez de normas que definam uma metodologia para o correto dimensionamento do sistema, fato que pode acarretar falhas tanto no projeto como na execução do mesmo. A possibilidade de uma concepção equivocada do sistema é preocupante, ainda mais quando se aborda também a temática do incêndio, o que justifica a necessidade de um estudo mais aprofundado no assunto, a fim de reunir informações que possam vir a amparar os responsáveis técnicos da área.

Conforme elucidado, a problemática do incêndio em edificações com fachadas ventiladas é delicada e, por envolver a segurança e proteção à vida dos usuários, pode-se dizer que se sobressai às vantagens do sistema, uma vez que incêndios não dão avisos, devendo ser prevenidos ainda na fase de projeto para que se possa evitar tragédias como a da torre *Grenfell*.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Fachadas

De acordo com o dicionário Aurélio (2008), a palavra fachada tem seu significado como “qualquer das faces de um edifício, de um modo geral a da frente”. Já por revestimento entende-se que é o material o qual se emprega sobre a superfície da fachada, compondo a envoltória da edificação. A definição é sucinta, contudo, a concepção de uma fachada envolve uma infinidade de detalhes e critérios a serem atendidos.

Segundo Sousa et al. (2016), até mesmo as primeiras construções da história, os abrigos construídos pelos homens primitivos, já contavam com algum tipo de vedação com o objetivo principal de proteger os usuários de ações do clima e de ataques de animais. Com o passar do tempo, as fachadas passaram a ter especialmente função estética, ostentando uma infinidade de detalhes arquitetônicos na tentativa de externar a riqueza da edificação e o *status* social do proprietário. Nos dias atuais, com o acelerado desenvolvimento da construção civil, as fachadas também foram aprimoradas e passaram a ter novas funções além de proteção e estética, como por exemplo, o conforto térmico e acústico, a estanqueidade e a eficiência energética da edificação. Conforme pontua Oliveira (2009), a fachada moderna serve como mediadora entre o ambiente interno e externo, devendo proporcionar condições de habitabilidade para a edificação, podendo ainda desempenhar um papel importante em relação à sustentabilidade redução de impactos ambientais.

Como consequência destas novas atribuições, as fachadas acabaram por se tornar um subsistema isolado da edificação, composto pelas vedações verticais, os revestimentos e as esquadrias. Atualmente, é indiscutível a relevância do papel da fachada em um empreendimento, podendo-se afirmar que esta é tão importante quanto os demais subsistemas, tendo um custo de execução e manutenção muitas vezes superior, podendo representar até 20% do custo total da obra (OLIVEIRA, 2009). Logo, para uma adequada concepção da fachada deve-se fazer um estudo prévio acerca da tipologia a ser utilizada, através da busca de referências normativas, ensaios e avaliações de desempenho. É importante, ainda, avaliar a interface da fachada com os demais subsistemas da edificação, como estrutura, fundações,

instalações etc. Diante do exposto, é imprescindível que as fachadas, assim como os demais subsistemas, tenham um projeto específico, com a finalidade de detalhar a tecnologia a ser utilizada, bem como os materiais a serem empregados e estabelecer as diretrizes de projeto e execução, garantindo assim maior qualidade e durabilidade ao conjunto e reduzindo os custos de manutenção.

## **2.2 Critérios de desempenho**

Em virtude da complexidade que se tornou a concepção de uma fachada, é de suma importância que exista uma normativa brasileira que determine os requisitos mínimos de desempenho a serem atendidos, para que se possa assegurar a funcionalidade das mesmas. A ABNT NBR 15575:2013 - *Desempenho de edificações habitacionais*, estabelece os requisitos de desempenho quanto à segurança, habitabilidade e sustentabilidade, para todos os sistemas da edificação e, especificamente em sua parte 4, as exigências relativas aos sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE), independentemente do tipo de revestimento empregado. Os tópicos a seguir irão elencar os requisitos de desempenho inerentes às fachadas e foram elaborados com embasamento na ABNT NBR 15575:2013 e no guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575:2013.

### **2.2.1 Segurança**

No referido item, a norma aborda os requisitos mínimos de segurança aos quais a fachada deve atender, independente da tecnologia aplicada, apresentando-os em três segmentos: segurança estrutural, segurança contra incêndio e segurança no uso e operação da edificação.

Por segurança estrutural entende-se o bom desempenho mecânico do sistema de fachada, considerando a resistência à impactos, ventos, entre outras ações externas. No tocante à segurança contra incêndio, os requisitos são pautados em dificultar a propagação do incêndio e a ocorrência de fumaça excessiva capaz de dificultar a fuga dos usuários, bem como garantir o emprego de materiais com o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) exigido pela NBR 14432:2001, no intuito de preservar a estabilidade estrutural da edificação. Já a segurança no uso e operação tem por objetivo reduzir a exposição dos usuários ao risco de acidentes decorrentes



do uso da edificação que, no caso da fachada, podem ser contusões em função do desprendimento e projeção de seus componentes ou ferimentos causados por partes expostas cortantes ou perfurantes, por exemplo.

### **2.2.2 Habitabilidade**

Neste item, a norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013 apresenta os requisitos de habitabilidade referentes às fachadas, sendo eles: desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico e estanqueidade.

O desempenho térmico consiste em trazer conforto aos usuários e economia energética, devendo ser observados os requisitos de transmitância e capacidade térmica das paredes de fachada, com base nos dias típicos de inverno e verão definidos para a região bioclimática onde se localiza a edificação. Devem ser observados, ainda, fatores como a ventilação e o sombreamento, garantindo a existência de aberturas para ventilação nos ambientes de permanência prolongada (salas e dormitórios), que atendam a legislação específica do local. Já o desempenho acústico está ligado ao conforto auditivo do usuário, no caso da fachada, estabelecendo critérios para a isolação ao som externo à edificação. A atenuação acústica entre o ruído padrão gerado externamente e a intensidade sonora registrada no interior da construção, em área de dormitório, deve atender aos limites indicados na NBR 15575:2013. Para um bom comportamento térmico e acústico deve-se levar em conta também a estanqueidade da fachada e a adequada vedação entre as folhas das janelas, uma vez que a presença de frestas diminui significativamente seu desempenho.

A cerca do desempenho lumínico a norma de desempenho estabelece os níveis requeridos de iluminância natural e artificial nas edificações, de acordo com sua ocupação (habitações, escolas, comércio etc.). As dimensões das aberturas e o seu posicionamento na fachada são de grande importância para garantir a boa iluminação dos ambientes.

A estanqueidade na fachada consiste na prevenção de infiltrações provenientes de chuvas ou outras fontes, uma vez que a presença de umidade acarreta diretamente no aparecimento de patologias. Deve-se atentar para a correta execução do sistema escolhido para a fachada, evidenciando novamente a importância do projeto, e evitar o uso de detalhes construtivos que propiciem o

empoçamento de água, favorecendo assim a infiltração. A estanqueidade à água está ligada diretamente a outros critérios de desempenho, como saúde, higiene e qualidade do ar, uma vez que a umidade é fonte de doenças respiratórias, formação de fungos e outros, e durabilidade do revestimento e da estrutura da fachada.

### **2.2.3 Sustentabilidade**

Sendo a construção civil um dos setores que mais gera impactos sobre meio ambiente, é de extrema importância que se voltem os olhares para a questão da sustentabilidade. No presente item a NBR 15575:2013 explana a relação entre os requisitos de durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental.

A norma estabelece uma vida útil de projeto (VUP) mínima de 40 anos para as vedações verticais externas e de 20 anos para os revestimentos, sejam eles aderidos ou não aderidos. Vida útil de projeto vem a ser uma estimativa teórica do tempo para qual o sistema é projetado e a durabilidade é a capacidade de se alcançar, na prática, este prazo esperado. Para que isto ocorra, é importante fazer uso de materiais de elevada qualidade e técnicas compatíveis com a VUP estabelecida. Já a manutenibilidade é o grau de facilidade em manter o sistema funcionando dentro do esperado, ou seja, de executar as manutenções em obediência ao Manual de Uso, Operação e Manutenção, sejam elas preventivas ou corretivas.

Quanto à adequação ambiental a NBR 15575-1:2013 destaca que tanto as edificações quanto a sua infraestrutura (arruamento, drenagem, rede de água, gás, esgoto, telefonia, energia) “devem ser projetados, construídos e mantidos de forma a minimizar as alterações no ambiente”, fato que tem ligação direta com a durabilidade e manutenibilidade, pois quanto maior durabilidade dos produtos utilizados, menor a exploração de recursos naturais e o impacto ambiental gerado.

### **2.3 Revestimentos de fachadas**

Conforme já abordado, o revestimento é o material fixado à face mais externa da fachada, compondo a envoltória da edificação e formando a linha de frente contra intempéries e demais agentes de degradação externos. Siqueira Jr. (2003) afirma que os revestimentos têm como principal função “proteger as vedações e a estrutura contra a ação de agentes agressivos, evitando a degradação precoce das mesmas,

umentando sua durabilidade e reduzindo os custos de manutenção dos edifícios”. Além disso, os revestimentos devem auxiliar a vedação a cumprir suas funções quanto ao isolamento térmico e acústico, estanqueidade, segurança ao fogo, e, apesar de mencionado não ser sua principal função, devem contribuir com a estética do empreendimento, contribuindo para a determinação do padrão arquitetônico da edificação.

De acordo com a classificação adotada por Medeiros e Sabbatini (1999), os revestimentos são divididos em aderidos, os quais trabalham totalmente aderidos à base da fachada, e não aderidos, os quais se encontram afastados da base e precisam ser fixados a ela por meio de dispositivos mecânicos (estrutura secundária, *inserts* metálicos, parafusos ou qualquer outro tipo de dispositivo).

### **2.3.1 Revestimentos aderidos**

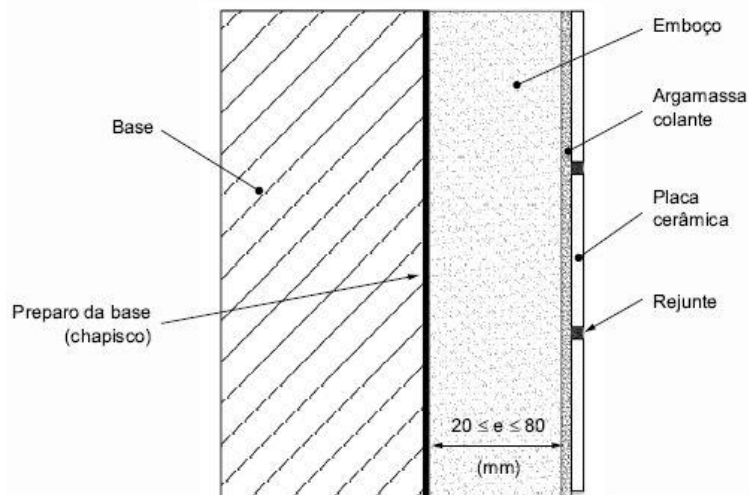
O revestimento de fachada do tipo aderido mais utilizado no Brasil é o revestimento argamassado, que consiste na aplicação de camadas de argamassa de revestimento sobre a base, normalmente em alvenaria ou concreto, a fim de uniformizar a superfície para a execução do acabamento final.

Conforme o Manual de Revestimentos de Argamassa da Associação Brasileira de Cimento Portland (2002) as argamassas de revestimento são à base de cal, cimento ou mistas e recebem diferentes nomenclaturas dependendo das proporções da mistura e da forma de aplicação. A NBR 13529:2013 define o chapisco como a camada aplicada diretamente sobre a base, que a torna mais áspera e porosa, melhorando a aderência do revestimento. Já a camada de emboço tem a função de cobrir e regularizar a superfície da base com ou sem chapisco, permitindo a correta aplicação do reboco, que é a etapa final do revestimento argamassado. Após a execução da camada de reboco a parede deve ficar plana e lisa propiciando uma superfície apta a receber o acabamento final.

A cerca dos acabamentos, Medeiros e Sabbatini (1999) citam o acabamento cerâmico como a preferência do mercado consumidor brasileiro, destacando compatibilidade com as condições climáticas da maioria das regiões do país. A NBR 13755:2017 estabelece as diretrizes para a execução deste tipo de acabamento. Em resumo, após o preparo e a regularização da base através das camadas de chapisco e emboço, tem-se a camada de fixação da cerâmica através de argamassa colante e,

por fim, a camada de rejunte caracterizada pelo preenchimento das juntas de colocação entre as placas cerâmicas. A Figura 1 apresenta estas camadas de forma esquemática.

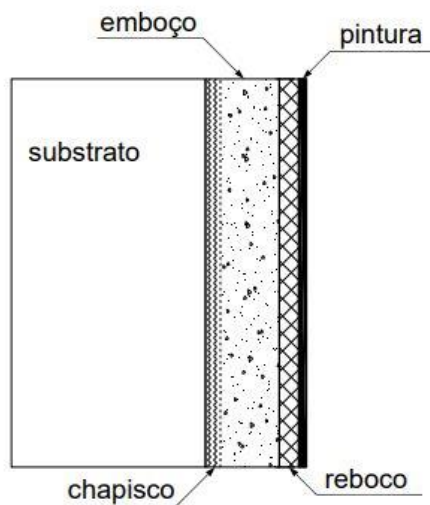
**Figura 1 - Camadas constituintes do revestimento cerâmico de fachada.**



Fonte: ABNT NBR 13755:2017.

Medeiros e Sabbatini (1999) citam também a pintura como posição de destaque nos acabamentos mais utilizados no Brasil. Conforme esquematiza a Figura 2, sua forma de execução vem a ser semelhante à do acabamento cerâmico no preparo e regularização da base, porém, sendo finalizada através das camadas de reboco e pintura propriamente dita.

**Figura 2 - Camadas constituintes do revestimento de pintura.**



Fonte: Carasek, 2007.

Todavia, embora os revestimentos de argamassa com acabamento final em placas cerâmicas ou pintura sejam os tradicionalmente empregados no Brasil, existem outras tipologias de revestimentos aderidos, como por exemplo pedras naturais, tijolos aparentes, texturas, argamassas decorativas etc., os quais não serão abordados a fundo por não serem o foco do presente trabalho.

### **2.3.2 Revestimentos não aderidos**

Conforme o próprio nome enuncia, o revestimento não aderido (RNA) se caracteriza por não ser totalmente aderido à base, formando uma cavidade ou câmara de ar entre a vedação vertical e a face mais externa do revestimento, que pode ou não ser ventilada. Conforme definição de Moura (2009), pode-se dizer que o revestimento funciona como uma "capa protetora", que preserva a estrutura e prolonga a vida útil da edificação.

Machado (2012) explica que a fixação do RNA à vedação se dá através de dispositivos mecânicos e perfis leves, normalmente metálicos, que formam sua subestrutura de sustentação. Por utilizar-se de estrutura secundária o sistema é industrializado, o que faz com que, por razões de facilidade construtiva e segurança, venha ganhando cada vez mais espaço no crescente setor da construção civil, que busca produtividade e sustentabilidade (MEDEIROS, 2016). Na Figura 3 é possível visualizar uma fachada com revestimento não aderido e seus componentes, em um

cenário local, pois trata-se de em um empreendimento na cidade de Santa Cruz do Sul, visitado em agosto de 2019, quando ainda se encontrava em fase de execução.

**Figura 3 - Fachada com revestimento não aderido em Santa Cruz do Sul.**



Fonte: Autora, 2019.

Dentre as inúmeras vantagens do revestimento não aderido destaca-se a eficiência energética, visto que o elevado desempenho térmico deste sistema de revestimento traz a redução no uso dos climatizadores e, conseqüentemente, a economia de energia. Além disso, conforme Silva (2016), o sistema tem características estéticas de nível elevado, uma vez que há uma grande variedade de materiais que podem ser utilizados como revestimento, trazendo versatilidade para o arquitetônico da fachada, o que faz com que se atendam simultaneamente os quesitos de desempenho e de padrão arquitetônico da edificação.

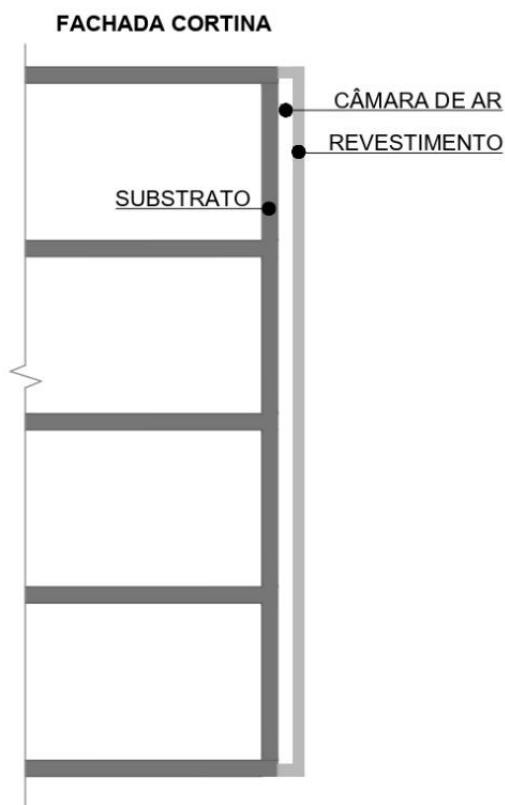
Quanto à manutenibilidade, Direito (2011) destaca que, neste tipo de sistema, é possível intervir sobre cada placa do revestimento separadamente, o que facilita a manutenção ou substituição das mesmas em caso de danos ou, ainda, a troca de todas as placas em uma renovação exterior do edifício. Tal fato torna o sistema interessante para obras de *retrofit*, por ser uma construção não destrutiva, limpa e rápida, capaz de melhorar a estética e o desempenho da fachada sem prejudicar o funcionamento do edifício e sem alterações de espaço útil, desde que observados os limites de alinhamento da legislação local, dado que o recuo do imóvel será reduzido (MEDEIROS, 2009).

Assim como no caso dos revestimentos aderidos, atualmente existe mais de uma tipologia de revestimento não aderido, porém, em função de terem a mesma configuração (revestimento afastado da vedação), estas tipologias acabam por vezes sendo confundidas. No entanto, o funcionamento de cada uma é diferente e, por este motivo, faz-se necessária a abordagem de alguns termos e definições.

### **2.3.2.1 Fachada cortina**

Conforme exposto anteriormente, o sistema de revestimento não aderido consiste na fixação do revestimento à base por meio de uma estrutura secundária que o mantém afastado da parede, formando uma câmara de ar entre revestimento e vedação vertical. No caso da fachada cortina esta câmara de ar é estanque, ou seja, não ventilada. Direito (2011) destaca que, nesta modalidade, as placas do revestimento funcionam como barreira, não havendo aberturas que liguem o ar da cavidade com o ar exterior. Contudo, a autora preconiza que na base da cavidade devem existir mecanismos para a evacuação da água proveniente de infiltrações nas juntas.

Pelo fato de a cavidade ser estanque, Sousa (2010) aponta a interrupção da capilaridade e a drenagem por gravidade como funções da fachada cortina. A Figura 4 representa a configuração de uma fachada cortina.

**Figura 4 - Fachada cortina.**

Fonte: Autora, 2019.

### 2.3.2.2 Fachada ventilada

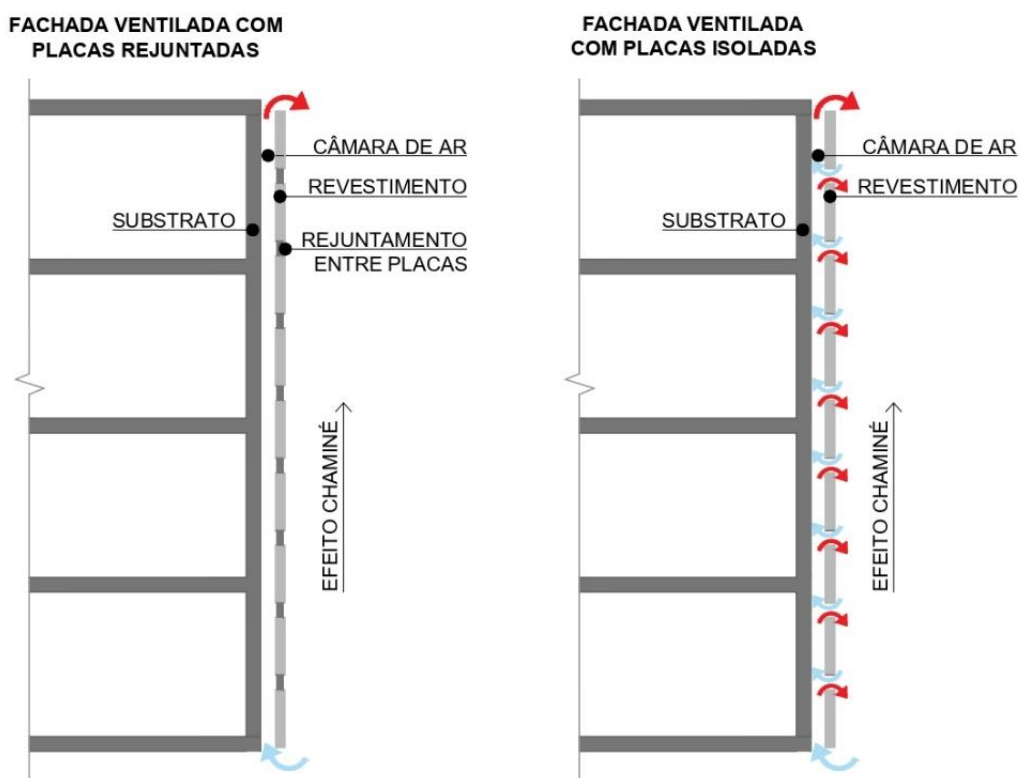
A fachada ventilada, como o próprio nome sugere, caracteriza-se pelo fato da câmara de ar entre revestimento e vedação vertical ser ventilada, ou seja, o ar da cavidade é renovado constantemente por meio de aberturas em pontos estratégicos. Este tipo de solução surgiu com o intuito de melhorar ainda mais o comportamento térmico da fachada, pois a câmara de ar ventilada reduz a ocorrência de condensações permitindo a evacuação do vapor de água e a remoção do ar aquecido pela parte superior da cavidade através do efeito chaminé (DIREITO, 2011). De acordo com Moura (2009), este fenômeno decorre de um princípio básico da física: “o ar mais quente sobe e, pela diferença de pressão, suga para dentro da cavidade o ar mais fresco”. Desta forma, com a renovação contínua do ar, a face externa da vedação vertical não sofre aquecimento.

Ainda no segmento das fachadas ventiladas, pode-se dividi-las em duas tipologias: fachadas ventiladas com placas rejuntadas e fachadas ventiladas com placas isoladas. Segundo Kuester (2017), na primeira as placas do revestimento são



rejuntadas, formando um grande painel solidificado, o qual possui aberturas para entrada e saída de ar somente na parte inferior e superior da fachada respectivamente. Já na tipologia de fachadas ventiladas com placas isoladas não ocorre o rejuntamento entre as peças e, em vista disso, podem ser chamadas também de fachadas ventiladas com juntas abertas. Nesta modalidade, com mais aberturas, o ar consegue circular livremente entre cada placa do revestimento, constituindo uma fachada completamente ventilada. Na Figura 5 pode-se observar esquematicamente a diferenciação entre as duas tipologias citadas.

**Figura 5 - Fachadas ventiladas com placas rejuntadas e fachadas ventiladas com placas isoladas.**



Fonte: Autora, 2019.

## 2.4 Sistemas de fachadas ventiladas

No cenário da incessante busca da construção civil por sustentabilidade e produtividade, a solução de fachadas ventiladas tornou-se uma ferramenta capaz de reduzir os impactos negativos do setor sobre o meio ambiente. Ainda em processo

de inserção no mercado brasileiro, esta técnica construtiva é empregada em países do hemisfério Norte há mais de 30 anos, com eficiência comprovada (MOURA, 2009). Nesse contexto, observa-se a constante evolução do sistema e o surgimento de novas tecnologias quanto à configuração, funcionamento, tipos de materiais empregados no revestimento e isolamento, etc. Diante do exposto, o presente tópico dedica-se a fazer a caracterização do sistema de fachadas ventiladas quanto à sua concepção.

#### **2.4.1 Base suporte de fixação**

Conforme conceitos abordados anteriormente, o substrato é a base suporte sob cuja superfície será fixado o revestimento, nesse caso, o lado externo da vedação vertical. Siqueira Jr. (2003) afirma que o projetista deve possuir conhecimento aprofundado sobre o substrato utilizado, a fim de garantir a compatibilidade do material com a tecnologia de fachada ventilada. Na visão do autor, em relação ao custo do sistema, é interessante a adoção de substratos com resistência a flexão, pois, nesse caso, é possível fixar a subestrutura auxiliar em pontos intermediários, diminuindo a seção dos perfis montantes e, conseqüentemente, a massa de alumínio a ser utilizada. Tal fato evidencia mais uma vez a importância do domínio do projetista quanto ao material utilizado, pois assim é possível definir qual o tipo de estrutura de fixação mais indicado para a base em questão.

A base suporte de fixação pode ser a própria vedação externa ou, quando esta não puder ser aproveitada, por não possuir a homogeneidade necessária, pode-se fixar as ancoragens diretamente aos elementos estruturais, tais como vigas, pilares e lajes. No caso de a parede ser de alvenaria de vedação, executada com blocos ocós, Soriano (1999), citado por Siqueira Jr. (2003), destaca que as variações de espessura a tornam não homogênea, sendo assim, seu comportamento e desempenho são imprevisíveis, uma vez que as ancoragens podem acabar atingindo pontos ocós, juntas de argamassa ou juntas verticais. No contexto das alvenarias, a opção de tijolos maciços vem a ser a mais indicada em questões de confiabilidade pois, por serem maciços, são considerados homogêneos, de forma que seu comportamento e desempenho são previsíveis. Contudo, sabe-se que tijolos maciços não são uma boa opção para edificações de grande porte, devido a questões de economia e produtividade. Segundo o autor, o concreto é um dos melhores materiais para compor o substrato, tendo um grau de confiabilidade excelente, conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1 - Grau de confiabilidade do substrato para seu emprego como base de ancoragens para revestimentos não aderidos.**

Natureza do suporte	Grau de confiabilidade
Concreto	Excelente
Tijolo maciço	Muito bom
Tijolo perfurado	Bom
Bloco de concreto com paredes de 30mm	Bom
Tijolo cerâmico com pequenas células ocas	Bom
Bloco cerâmico vazado	Inaceitável*

Nota: Quando do dimensionamento da ancoragem deve-se levar em conta, além da resistência do material, a situação das juntas e bordas da alvenaria.

\* Quando utilizado sem reforços, como cintas entre outros.

Fonte: adaptado de Soriano (1999), citado por Siqueira Jr. (2003).

#### 2.4.2 Sistema de fixação

A fixação da fachada ventilada ao edifício pode ocorrer de duas maneiras: diretamente (também denominada fixação pontual), quando as placas do revestimento são ancoradas diretamente à base de fixação, ou indiretamente, quando as placas são fixadas através de uma subestrutura auxiliar de suporte (CAMPOS, 2011). Para fixação pontual recomenda-se que a parede seja composta por materiais maciços, pois, conforme mencionado no tópico anterior, materiais homogêneos garantem a boa fixação do sistema. Contudo, a técnica de maior utilização é a de fixação indireta, na qual as placas do revestimento são fixadas à subestrutura por encaixes metálicos que, por sua vez, é fixada à base suporte. A subestrutura de apoio é quem proporciona o afastamento entre revestimento e elemento de suporte, formando uma caixa de ar entre os dois elementos. A subestrutura é geralmente metálica, de alumínio ou aço galvanizado, sendo o alumínio o mais usual devido ao seu peso relativamente reduzido e facilidade na manutenção. Na composição, perfis horizontais ou verticais são ancorados ao elemento de suporte, que por sua vez são travados por perfis verticais ou horizontais respectivamente onde as placas de revestimento são fixadas com sistemas de encaixe metálicos, podendo esta fixação ser visível ou oculta (MARTINS, 2009).

### **2.4.3 Câmara de ar e sistema de ventilação**

A ventilação contínua da câmara de ar entre vedação e revestimento é o que caracteriza o SFV e o que o difere dos demais tipos de revestimentos não aderidos. Ademais, a ventilação agrega vários pontos positivos para o sistema, sendo fundamental tanto para garantir um bom comportamento higrotérmico, reduzindo infiltrações e condensações, quanto para o desempenho da edificação em dias quentes, dissipando grande parte do calor transmitido por radiação solar (SOUSA, 2010).

Nas fachadas ventiladas tradicionais, a ventilação se dá através do efeito chaminé, logo, ela acontece de forma natural, visto que este fenômeno ocorre naturalmente em qualquer ambiente em que ocorram diferenças de temperatura. Conforme elucidado, com aquecimento do revestimento através da radiação solar, o ar existente no interior da câmara sofre uma variação de densidade, na qual o ar mais quente, por ser menos denso, tende a ascender e é expulso pela abertura superior da câmara através do efeito chaminé. Estas correntes de convecção acontecem de forma ininterrupta, de forma que o ar da cavidade é constantemente renovado, o que contribui também para a eliminação da umidade.

Siqueira Jr. (2003), argumenta que a pressão do vento também é um componente associado à ventilação da cavidade. O vento, ao incidir pela fachada, cria diferenças de pressão dentro da cavidade induzindo a movimentação do ar. O autor acrescenta que o projetista deve atentar para o fato de que as pressões resultantes do efeito chaminé não sejam anuladas pelas forças resultantes do vento.

Embora na grande maioria das soluções de SFV a ventilação se dê de forma natural, através do efeito chaminé ou ação do vento, cabe ressaltar que existe a tecnologia de ventilação mecânica, a qual se utiliza de um equipamento para induzir o fluxo do ar no interior da cavidade.

### **2.4.4 Materiais para revestimento**

Conforme elucidado, o revestimento funciona como uma barreira que protege a edificação dos agentes de degradação exteriores assegurando uma maior durabilidade do sistema. Graças a esta eficiência, aliada às características estéticas, o sistema ganhou espaço no mercado da construção civil brasileira e, em função da

ampla procura, atualmente, tem-se disponível no mercado uma grande variedade de produtos de revestimento, que serão elencados a seguir.

#### **2.4.4.1 Rocha natural**

Considerado o material menos industrializado empregado como revestimento de fachadas ventiladas, as placas em pedra natural são uma solução de elevada resistência e durabilidade, além de serem incombustíveis. Contudo, um dos principais pontos a que se deve atentar durante a seleção dos materiais pétreos, é a sua caracterização quanto à permeabilidade, pois estes costumam absorver água de forma rápida, por capilaridade, e eliminá-la de forma lenta, por evaporação (DIREITO, 2011). De acordo com o Manual das Rochas Ornamentais (2013), as rochas silicáticas (granitos), silicosas (quartzitos) e síltico-argilosas (ardósias), são mais indicadas para revestimentos externos do que as carbonáticas (mármore) e ultramáficas (granitos escuros).

#### **2.4.4.2 Cerâmica**

As placas cerâmicas são produzidas a partir de uma mistura de argila e outros minerais, que passa por um processo de prensagem seguido de um processo de queima a até 1.150 °C. O revestimento cerâmico é uma alternativa à rocha natural, pois mantém o alto valor estético e excelente isolamento térmico com a diferença de ter um custo menor e de ser mais leve, característica que reflete no sistema como um todo, pois reduz também o peso da estrutura de suporte, além de facilitar o transporte do material e uma execução mais rápida do conjunto. Em sua generalidade, as placas cerâmicas apresentam baixa absorção de água e boa resistência mecânica (DUTRA, 2010).

#### **2.4.4.3 Grês porcelanato**

Outra opção de revestimento frequentemente empregada são as placas de grês porcelanato, que são semelhantes à cerâmica tradicional, porém com um processo de produção mais controlado, tendo uma temperatura de queima mais

elevada, que pode chegar a 1.200 °C, o que lhe confere maior homogeneidade, maior resistência e menor porosidade, ou seja, nível de absorção de água muito baixo.

#### **2.4.4.4 Fenólico**

Os painéis fenólicos utilizados para revestimento são produzidos a partir de fibras de madeira aglomeradas com uma resina plástica de alta resistência, a qual tem origem em compostos fenólicos. São fabricados sob altas pressões e temperaturas, o que faz com que o composto se funda e endureça, proporcionando como resultado um produto homogêneo, plano, regular, de porosidade quase nula e elevada rigidez e resistência. Trata-se de um material bastante versátil, que apresenta uma variada gama de cores, acabamentos e tamanhos, sendo que as espessuras comumente empregadas variam entre 6 mm e 20 mm (CONSTRULINK, 2006).

#### **2.4.4.5 Alumínio composto**

Os painéis de alumínio composto são formados por duas camadas exteriores de alumínio, com espessura de 0,5 mm cada, e por um núcleo interior de polietileno, com 2 mm a 5 mm, passando por um processo de colagem que envolve adesivos químicos a temperaturas elevadas. Dois pontos de grande destaque são a leveza do material, que o torna indicado para a confecção de painéis de grandes dimensões, e a facilidade de manuseio, pois podem ser cortados, furados, dobrados e curvados, conferindo versatilidade às aplicações (CONSTRULINK, 2016).

#### **2.4.4.6 Concreto**

As placas em concreto possuem uma grande versatilidade pois é possível moldá-las em diversos formatos e dimensões, criar diferentes texturas de acabamento e, além disso, o mesmo ser projetado para atingir elevadas resistências (SOUSA, 2016). Na linha dos concretos, Direito (2011) aponta o concreto polímero, composto por agregados de sílica e quartzo ligados através de resinas de poliéster, como sendo a solução ideal para revestimento de fachadas ventiladas, uma vez que permite a produção de elementos mais leves, com resistência superior e melhor estanqueidade quando comparado ao concreto convencional. Ainda segundo a autora, os painéis

comumente empregados para este tipo de revestimento têm espessuras em torno de 14 mm.

#### **2.4.4.7 Vidro**

O vidro utilizado como revestimento no SFV pode ter acabamento translúcido, impresso, refletivo, temperado ou aramado, a depender das características estéticas pretendidas. É possível incorporar uma cortina veneziana na cavidade, para o controle da luminosidade incidente na fachada, bem como a utilização de barreiras de fumaça (DIREITO, 2011).

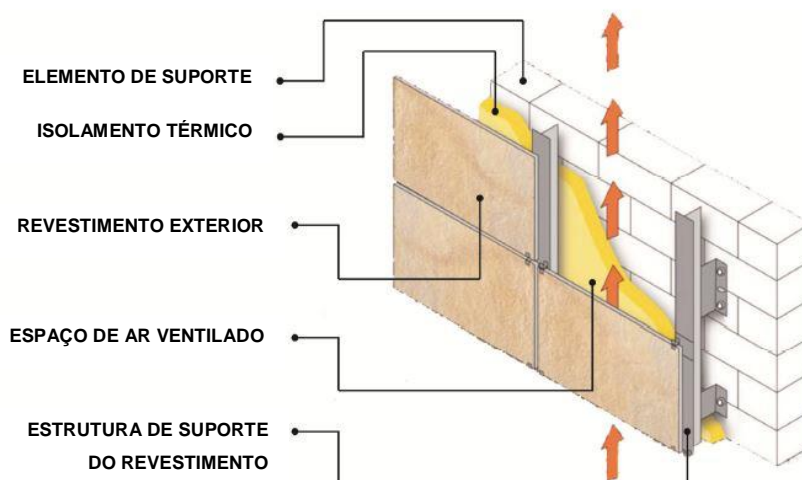
#### **2.4.5 Isolante térmico**

Embora pouco difundida no Brasil, a tecnologia de fachada ventilada é empregada há mais de 30 anos no hemisfério Norte, região onde o inverno é extremamente rigoroso e, portanto, a manutenção do calor nos ambientes internos é essencial. Logo, deu-se a necessidade de melhorar o desempenho térmico para além do já proporcionado pelo efeito chaminé e, com isso, desenvolveu-se a técnica de incorporar um isolante térmico à fachada, preenchendo parte da câmara de ar com uma camada de um material específico de propriedades isolantes. (MOURA, 2009).

Conforme mencionado, a aplicação do material isolante térmico potencializa o desempenho térmico, permitindo atingir as condições de conforto desejadas mais facilmente. A tecnologia é eficaz tanto para o inverno, pois reduz a perda de calor promovendo economia nos custos de aquecimento, quanto no verão, pois reduz o ganho de calor resultando em economia no uso do ar-condicionado.

No Brasil, Siqueira Jr. (2003) relata que esta solução não é muito utilizada, mas aponta que, quando se der a necessidade, o material isolante térmico pode ser aplicado no interior da câmara de ar, aderido ao substrato, conforme representado na Figura 6.

**Figura 6 - Fachada ventilada com isolante térmico.**



Fonte: Adaptado de Martins, 2009.

Costa (1974), citado por Siqueira Jr. (2003), destaca que o material a ser empregado como isolante térmico deve ser incombustível, não higroscópico, não putrificável, inatacável por pragas, capaz de resistir bem à temperatura em que é aplicado, ter baixa condutibilidade térmica e boa resistência mecânica, além de ser compatível com o alumínio ou qualquer outro material que venha a compor o sistema. De modo geral, os materiais isolantes podem ser divididos em três categorias: isolantes de origem natural, termorrígidos e termoplásticos.

#### **2.4.5.1 Isolantes de origem mineral**

Os isolantes de origem mineral são materiais inorgânicos e, dentre eles, os mais empregados são a lã de rocha e a lã de vidro. Segundo Martins (2009), a lã de rocha é constituída por fibras de lã de rocha agrupadas por uma resina sintética termo endurecida. Já a lã de vidro é um entrelaçado de filamentos de vidro que permitem uma grande flexibilidade. Ambos materiais são incombustíveis, resistentes, duráveis e tem um bom comportamento ao fogo. No entanto, a exposição à umidade pode prejudicar o seu desempenho e, por este motivo, seu uso não é recomendado em situações em que haja possibilidade de contato com a água.



#### **2.4.5.2 Isolantes termorrígidos**

Os isolantes termorrígidos são polímeros de origem orgânica que sofrem uma reação química na qual suas correntes moleculares são ligadas permanentemente. Isso se dá, normalmente, através do aquecimento das matérias-primas líquidas ou em pó num molde, onde endurecem até à sua forma rígida. Essa reação é irreversível, logo, os materiais não podem ser remoldados nem voltar ao estado inicial após o endurecimento (MARTINS, 2009).

Estes materiais são, em sua maioria, combustíveis e, quando em contato direto com as chamas, carbonizam facilmente. No entanto, não derretem nem formam gotas inflamáveis como é o caso dos termoplásticos. São exemplos de materiais termorrígidos a espuma rígida de poli-isocianurato (PIR) e a espuma de poliuretano projetado (PUR). Ambos são excelentes isolantes térmicos uma vez que têm baixa condutibilidade térmica. Porém, o PIR tem um melhor comportamento ao fogo, atingindo uma classe de superior de reação ao fogo em comparação ao PUR, de forma que o uso deste último não é recomendado em edifícios de grande altura sem o emprego de alguma solução de proteção e retardadora (MARTINS, 2009).

#### **2.4.5.3 Isolantes termoplásticos**

Ainda de acordo com Martins (2009), os isolantes termoplásticos também são polímeros de origem orgânica e são obtidos por moldagem ou extrusão de uma resina termoplástica denominada estireno. Os materiais termoplásticos são combustíveis e o que os difere dos termorrígidos é o fato de poderem ser reaquecidos e remoldados. Essa capacidade não é um ponto positivo, uma vez que, quando em contato direto com as chamas, o material tende a derreter e formar gotas inflamáveis, o que pode resultar em uma propagação do fogo para zonas distantes e edificações adjacentes.

Os principais materiais termoplásticos empregados como isolantes são o poliestireno expandido moldado (EPS) e o poliestireno expandido extrudido (XPS). Mais uma vez, ambos são excelentes isolantes térmicos devido à baixa condutibilidade térmica, porém não tem um bom comportamento ao fogo, tendo uma classe de reação ao fogo considerada baixa. (MARTINS, 2009).

## 2.5 Fachadas ventiladas em situação de incêndio

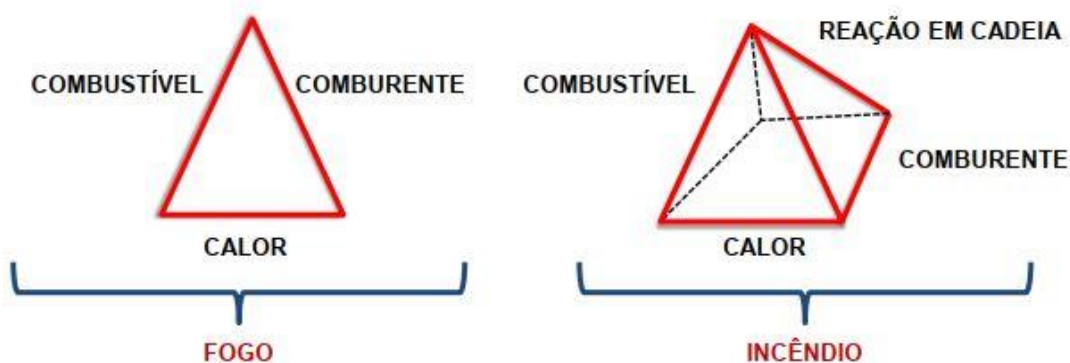
A presente seção dedicar-se-á a compreender o fenômeno do fogo, bem como o seu comportamento em edifícios, para que os princípios de segurança contra incêndio possam ser devidamente aplicados, especialmente no que diz respeito às exigências para elementos e materiais de construção e compartimentação, entre outras.

### 2.5.1 O fogo: análise do fenômeno

Martins (2009) descreve o fogo como um fenômeno que se manifesta através de chamas, emissão de fumaça e gases, decorrente de uma combustão, reação química entre um comburente com um combustível, resultando na rápida oxidação deste último, alterando as suas propriedades físicas e libertando calor. Efetivamente, para existir o fogo (ou mantê-lo) faz-se necessária a presença de três elementos na teoria do triângulo do fogo e quatro elementos na teoria do tetraedro do fogo, sendo eles:

- a) **Combustível:** elemento que fornece energia para a queima.
- b) **Comburente:** elemento que associado ao combustível é capaz de fazê-lo entrar em combustão, sendo o mais conhecido o oxigênio.
- c) **Energia de ativação (ignição):** é o calor necessário para que a reação inicie
- d) **Reação em cadeia:** sequência de reações que ocorrem após o início do fogo, produzindo sua própria energia de ativação e dando continuidade à combustão enquanto houver comburente e combustível para queimar.

**Figura 7 - Triângulo do fogo e tetraedro do fogo.**



### 2.5.2 Propagação do calor

A propagação de um incêndio está relacionada a fenômenos físicos comuns de transmissão de calor, em que a transferência de energia térmica é feita por processos de condução, convecção e radiação. Relaciona-se a seguir as definições adotadas por Martins (2009) a cerca destes processos.

#### **a) Condução:**

O fenômeno da condução pode ocorrer em corpos sólidos ou fluidos, necessariamente em repouso. A interação das partículas que estão em contato umas com as outras faz com que as partículas mais quentes, com maiores movimentos vibratórios, transfiram energia às partículas imediatamente ao lado, mais frias e com menor vibração.

#### **b) Convecção:**

Ocorre somente nos corpos fluidos, originando um fluxo de calor resultante de um movimento macroscópico de partículas num sistema. Quando uma massa de ar é aquecida, as suas moléculas vibram mais intensamente e afastam-se umas das outras causando aumento de volume e, por consequência, redução da densidade. Conforme já elucidado, o ar quente, menos denso, tende a ascender e o ar frio, mais denso, tende a descer. Este processo repete-se constantemente, dando origem às chamadas correntes de convecção.

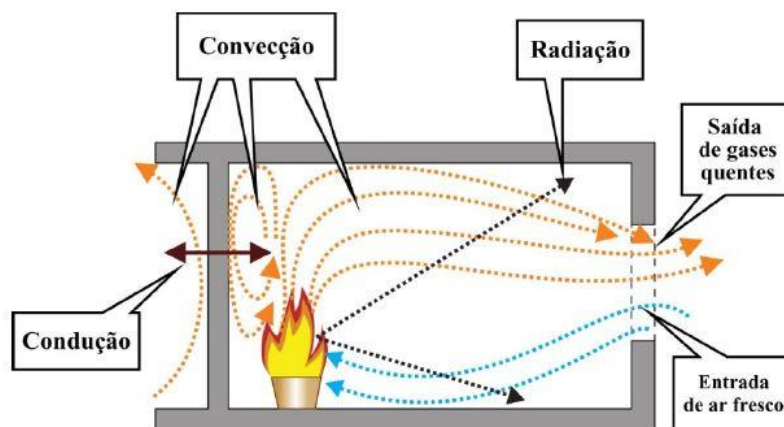
#### **c) Radiação:**

O processo da radiação não necessita de um corpo ou meio material para se propagar pois ocorre através de ondas eletromagnéticas, logo, pode difundir-se tanto através das massas de ar quanto do vácuo. Todos os corpos emitem radiações térmicas proporcionais à sua temperatura, portanto, quanto maior a temperatura, maior a quantidade de calor que o objeto irradia, logo, um corpo em equilíbrio térmico com a sua vizinhança emite e absorve a mesma quantidade de energia. Contudo, se a sua temperatura for superior à da sua vizinhança, como no caso um incêndio, por

exemplo, ele emitirá mais energia do que absorve. Um incêndio consideravelmente desenvolvido é capaz de emitir energia suficiente para provocar a sua propagação a edificações adjacentes, sendo oito metros a distância considerada crítica em termos de radiação.

Existe ainda um quarto processo não contemplado pelas leis gerais da termodinâmica que é o fenômeno de projeção, onde partículas inflamáveis que se despreendem do corpo em combustão são projetadas à distância e acabam transmitindo as chamas para outros corpos (MARTINS, 2009). A Figura 8 traz, de forma simplificada, a representação destas trocas de calor.

**Figura 8 - Diferentes processos de transmissão de calor.**



Fonte: Coelho, 1998.

### **2.5.3 Classificação ao fogo de produtos de construção**

No contexto dos edifícios, Martins (2009) define um incêndio como a ocorrência de um fogo não controlado iniciado numa zona restrita cujas causas são, na maioria das vezes, curto-circuito de instalações elétricas, má utilização de equipamentos ou descuido humano, como por exemplo o esquecimento de aparelhos elétricos ligados ou o abandono de fósforos, cigarros e velas com resquícios de brasa. Conforme definições anteriores, esta fonte de calor é a energia de ativação necessária para, em contato com o combustível e o comburente, desencadear o processo de combustão. Este fogo, localizado em zona restrita, somente evoluirá para um incêndio de maiores proporções se houver liberação de calor suficiente para manter a reação após extinta a fonte de ignição. A decomposição do combustível é o que mantém a liberação de calor e os fenômenos convecção e radiação contribuem para o aquecimento do

cômodo e dos materiais próximos, resultando em mais liberação de gases inflamáveis e em mais combustão, tornando-se um processo cíclico. Nesse sentido, pontua-se que as propriedades dos materiais de revestimento têm grande influência na maneira como um incêndio se desenvolve. Um revestimento inflamável, seja ele interno ou externo, ao entrar em contato com as chamas de um princípio de incêndio, por exemplo, também entrará em processo de combustão, contribuindo para a deflagração do mesmo.

Diante do exposto, faz-se necessário estudar o comportamento ao fogo materiais de revestimento e dos elementos da construção, objetivando minimizar os riscos de propagação de incêndio e os danos causados pelo seu desenvolvimento.

### **2.5.3.1 Resistência ao fogo**

De acordo com a NBR 14432:2001 a 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, estanqueidade e isolamento”. A referida norma estabelece o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) dos elementos construtivos de edificações, que vem a ser o tempo mínimo que estes elementos devem resistir para que, em caso de incêndio, seja evitado o colapso estrutural por tempo suficiente para possibilitar a fuga dos usuários em segurança, a redução dos danos à edificação e a viabilidade das operações de combate ao incêndio.

A INSTRUÇÃO TÉCNICA (IT) Nº 08:2019, do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, que aborda a segurança estrutural contra incêndio, e tem como referência normativa a NBR 14432:2001, também aponta as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais e de compartimentação que integram as edificações, quanto aos tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF).

Tanto a NBR 14432:2001 quanto a IT Nº 08:2019 apresentam, no formato de tabela, os tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF) dos elementos construtivos das edificações, baseado em parâmetros como altura e tipo de ocupação da edificação. A norma ainda menciona outros métodos para a determinação do TRRF como, por exemplo, o método do tempo equivalente e os métodos de análise de risco. O ANEXO A traz uma adaptação das tabelas citadas, onde os TRRF estão representados em minutos, sendo que os tempos entre parênteses podem ser adotados em subsolos com área menor ou igual a 500m<sup>2</sup> e pavimentos acima do solo

com área menor igual a 750m<sup>2</sup>. No âmbito das fachadas, Brentano (2015) destaca que todos os elementos de construção utilizados na concepção das mesmas devem ter uma resistência mínima ao fogo de duas horas (TRRF  $\geq$  120 min).

### **2.5.3.2 Reação ao fogo**

A NBR 16626:2017 estabelece os procedimentos para a classificação de reação ao fogo dos produtos de construção, incluindo produtos incorporados dentro dos elementos construtivos. Segundo definição obtida na referida norma, a reação ao fogo é “a resposta de um produto, ao contribuir pela sua própria decomposição, para um fogo a que está exposto, sob condições especificadas”.

A INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 10:2019 do Corpo de Bombeiros de São Paulo, que trata do controle dos materiais de acabamento e de revestimento empregados nas edificações, determina as condições a serem atendidas para que estes elementos, na ocorrência de incêndio, restrinjam a propagação do fogo e da fumaça. Esta instrução técnica define os materiais de revestimento como todo material empregado nas superfícies dos elementos construtivos das edificações, seja interna ou externamente, incluindo pisos, forros e proteções térmicas dos elementos estruturais. Já os materiais de acabamento são os materiais empregados nos arremates entre elementos construtivos (rodapés, mata-juntas, golas, etc.). Segundo o documento, alguns materiais são dispensados da avaliação do controle de materiais de acabamento e revestimento (CMAR), como é o caso dos vidros, concretos, gessos, produtos cerâmicos, pedras naturais, alvenarias, metais e ligas metálicas, que são considerados incombustíveis, e os pisos de madeira maciça, na forma de tábuas ou tacos, mesmo que envernizados, para os quais se adota, genericamente, Classe II-A.

A IT Nº 10:2019 aponta como base da classificação dos materiais o ensaio de determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante apresentado na NBR 9442:2019. Já a NBR 16626:2017 tem como referência, além deste, outros métodos de ensaio estabelecidos em normas de órgãos internacionais como a Organização Internacional de Normalização (ISO), a Sociedade Americana para Testes e Materiais (ASTM) e as Normas Europeias (EN). O ANEXO B apresenta uma tabela com a classificação dos materiais quanto à combustibilidade (exceto revestimentos de piso) obtida através de diferentes métodos de ensaio, incluindo o apresentado na NBR 9442:2019, enquanto o ANEXO C apresenta uma

tabela com as classes dos materiais, conforme a finalidade e a ocupação em que serão empregados. De acordo com a IT N° 10:2019 e com os critérios de desempenho quanto à segurança ao fogo estabelecidos na NBR 15575:2013 - Parte 4, as superfícies externas das fachadas devem classificar-se como de classe I a II-B.

#### **2.5.4 Comportamento ao fogo dos componentes da fachada ventilada**

Conforme abordado, os elementos e materiais empregados na construção tem grande influência no modo como um incêndio se desenvolve, visto que, a depender de suas propriedades, o material em contato com o fogo tende a entrar rapidamente em combustão, causando o aumento das chamas e, conseqüentemente, do incêndio. No contexto das fachadas ventiladas, no qual novas soluções de revestimento, isolamento térmico e subestrutura surgem constantemente, deve-se levar em consideração as possíveis conseqüências da exposição destes elementos a uma situação de incêndio.

Segundo Direito (2011), o comportamento do revestimento exterior do sistema de fachadas ventiladas varia consoante a sua combustibilidade. As placas do revestimento, mesmo que sejam compostas por material incombustível, como é o caso dos painéis cerâmicos e de pedra natural, ao ficarem expostas ao o calor das chamas, correm o risco de fissurar e se desprenderem do sistema expondo a camada de isolamento térmico ao fogo, potencializando a propagação deste pela envolvente do edifício. No caso de materiais como a madeira modificada, compósitos de metais com núcleo de polietileno, de cimento e madeira ou até resinas termo endurecidas e madeira, que são materiais combustíveis, há maiores riscos de uma rápida propagação do fogo pelo sistema. Essa combustibilidade está, frequentemente, relacionada aos produtos empregados no acabamento do material. Nesse caso, é possível melhorar o desempenho destes aplicando um produto com característica retardante ao fogo em sua superfície.

No tocante à câmara de ar, característica principal do sistema de fachadas ventiladas, esta acaba por se tornar uma via fácil que permite a penetração das chamas no interior do sistema, propiciando uma rápida expansão do incêndio a consideráveis distâncias do foco inicial, através do processo de convecção, podendo inclusive causar o colapso do sistema. Na visão da autora, uma solução aplicável para este tipo de adversidade é a inserção de barreiras corta-fogo em alumínio ou em aço

não corrosivo na cavidade, no entanto, tal recurso acabaria por invalidar o efeito chaminé.

Quanto ao isolamento térmico, Direito (2011) destaca que, no que diz respeito ao comportamento ao fogo, a melhor alternativa é utilizar materiais incombustíveis, como a lã de rocha ou lã de vidro, pois seu comportamento ao fogo é significativamente satisfatório dado que, quando sujeito a altas temperaturas, podem até perder alguma integridade, mas não irão arder e conduzir as chamas. Já os materiais de isolamento termorrígidos e termoplásticos são, em sua maioria, combustíveis e, quando sujeitos a uma situação incêndio, vão arder e carbonizar, libertando gases inflamáveis, com a diferença de que os termorrígidos (PUR e PIR) não derretem nem formam gotículas incandescentes, como é o caso dos termoplásticos (EPS e XPS).

Ainda assim, de todo o conjunto do SFV, pode-se dizer que os elementos que apresentam menor resistência ao fogo são os aplicados na estrutura de fixação do revestimento exterior, pois materiais como o alumínio tendem a perder resistência local à medida que são aquecidos e a deformar quando expostos a situações e incêndio prolongado.

### **2.5.5 Propagação do incêndio em fachadas**

Referente a incêndios em fachadas, Martins (2009) pontua que os mesmos podem ter origem externa, em um fogo próximo ou em uma outra edificação que esteja em chamas e transfira o calor pelo fenômeno da radiação, ou interna, iniciando em uma zona restrita de um compartimento.

Foi abordado que propagação de um incêndio do foco inicial para outras zonas do compartimento se dá através dos processos de convecção, condução e radiação, que contribuem para o aquecimento do cômodo e, principalmente, dos materiais próximos, resultando em mais libertação de gases inflamáveis e, conseqüentemente, em mais combustão. Já a sua dissipação para outras zonas da edificação geralmente se dá após a inflamação generalizada (*flashover*) deste compartimento de origem, também através dos processos de convecção, condução e radiação. Nesse segmento, um foco de incêndio iniciado em um ambiente de um apartamento, por exemplo, pode se propagar para a fachada do edifício através das aberturas e,



inclusive, se desenvolver para pisos superiores resultando em focos de incêndio secundários.

Nos sistemas de fachadas convencionais, estas são compostas, em sua generalidade por materiais incombustíveis ou de combustibilidade reduzida, não contribuindo expressivamente para a deflagração de um incêndio. Contudo, com o avanço das tecnologias de construção, os sistemas não convencionais, que é o caso dos SFV, têm sido mais utilizados devido às suas vantagens mais significativas, como a eficiência energética. Entretanto, é importante frisar que estes sistemas possuem características capazes de criar cenários onde risco de deflagração de um incêndio seja altamente elevado. No contexto dos SFV, Martins (2009) destaca que, chegando o fogo à fachada, existe um risco crescente de propagação vertical do incêndio através desta, seja externamente, sobre a superfície do sistema, ou internamente, pela câmara de ar existente, com a contribuição de seus materiais constituintes, como o revestimento e o isolamento térmico e, ainda, com a potencialização do efeito chaminé na cavidade, ou seja, envolvendo por completo o sistema de fachada ventilada no incêndio.

Na propagação superficial, já foi abordado que as características de reação e resistência ao fogo dos materiais empregados têm influência direta na forma como o fogo se propaga pela superfície do sistema. De acordo com Martins (2009), se os materiais utilizados no revestimento exterior forem combustíveis ou possuírem um mau comportamento sob ações térmicas violentas, pode ocorrer a ignição destes materiais através da ação direta das chamas ou por condução de calor através dos diferentes componentes do sistema. Já o desenvolvimento da chama no material está sujeito ao seu poder calorífico e a sua classe de reação ao fogo.

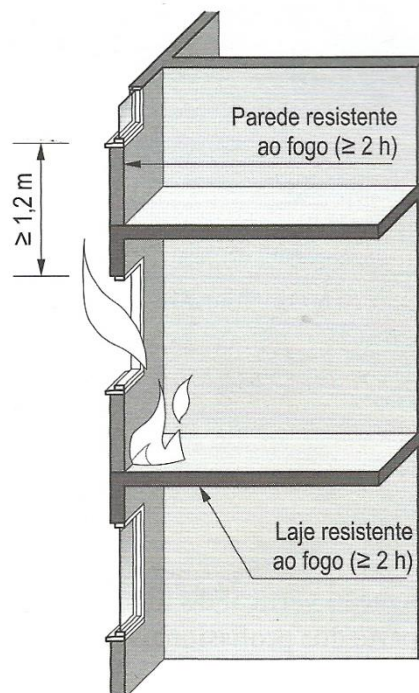
Quanto à propagação das chamas através da câmara de ar, Colwell (2003), citado por Martins (2009), explica que, ao adentrarem a cavidade, as chamas tendem a se alongar em busca de oxigênio e combustível para manter o processo de combustão. Neste momento, através do efeito chaminé, os gases quentes decorrentes da combustão ascendem, criando uma corrente convectiva que pode resultar no aumento das chamas em cinco a dez vezes o seu tamanho original, independentemente dos materiais aplicados. Este fenômeno é preocupante pois, além de extremamente rápida, a propagação pode ocorrer de forma oculta, por trás do revestimento exterior.

Diante do exposto, percebe-se que é de suma importância atentar para que os materiais constituintes do revestimento ofereçam segurança contra incêndio e, ainda, para que a caixa de ar não contribua com a propagação do incêndio. Com base nisso, Martins (2009) ressalta que as edificações devem ser projetadas para evitar a ocorrência da propagação vertical do fogo pelas fachadas, para que o incêndio não se propague a pisos superiores. Isso é possível através da compartimentação da fachada com de barreiras corta-fogo.

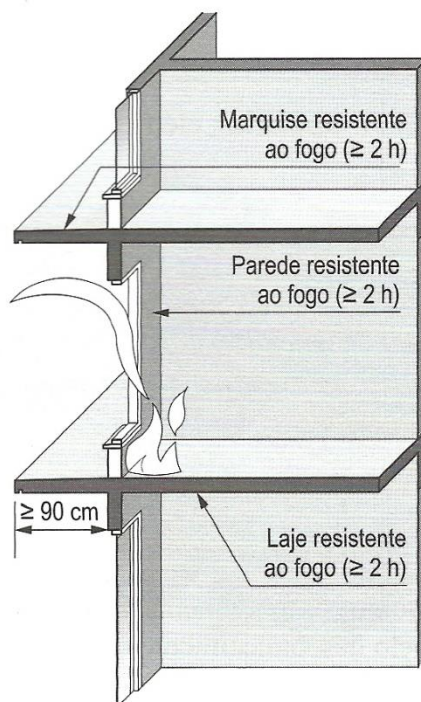
### **2.5.6 Compartimentação**

A INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 09:2019, do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, estabelece os parâmetros de emprego e dimensionamento da compartimentação horizontal e da compartimentação vertical nas edificações e áreas de risco, de modo a impedir a propagação do incêndio para outros ambientes situados no mesmo pavimento, entre pavimentos, ou a alturas que dificultem ou inviabilizem a intervenção do socorro.

A cerca dos critérios para a compartimentação vertical em fachadas, a IT estabelece a exigência de elemento corta-fogo, com TRRF que atenda à IT Nº 08:2019, separando as aberturas entre os pavimentos consecutivos. Esta separação pode ser provida por meio de vigas e/ou parapeito, sendo que, nesse caso, deve haver uma distância mínima de 1,20 m entre as aberturas entre as aberturas (Figura 9), ou por meio do prolongamento dos entrepisos em, no mínimo, 0,90m além do alinhamento da fachada (Figura 10). No caso de edificações com grau de risco considerado baixo (até 300 MJ/m<sup>2</sup>), pode-se somar o comprimento da aba horizontal e a distância da verga até o piso da laje superior, totalizando a distância mínima de 1,20m. No caso de edificações exclusivamente residenciais, a IT permite o fechamento com vidro das sacadas e terraços utilizados na composição da compartimentação vertical, desde que constituídos de materiais de acabamento e revestimento incombustíveis.

**Figura 9 - Modelo de compartimentação vertical (verga peitoril)**

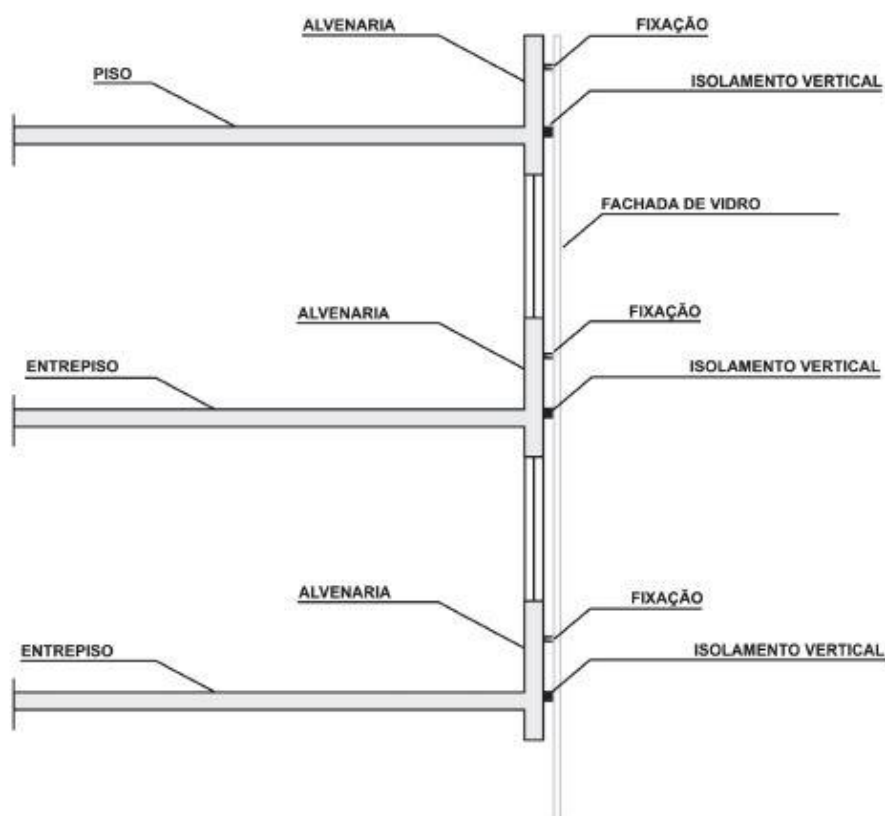
Fonte: Brentano, 2015.

**Figura 10 - Modelo de compartimentação vertical (prolongamento do entrepiso)**

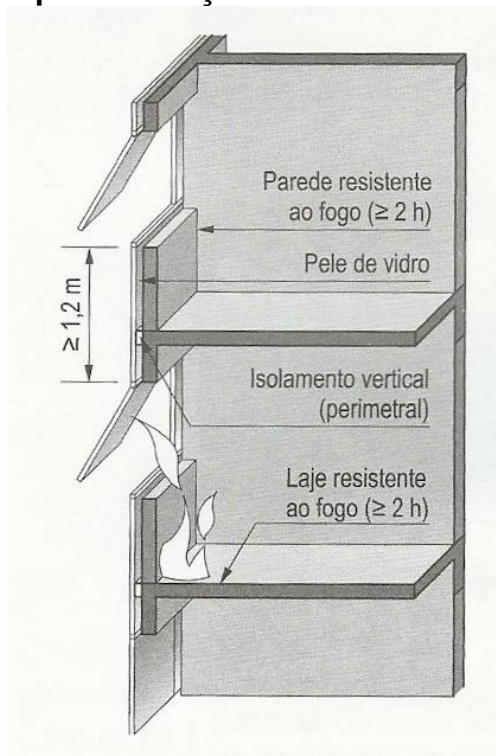
Fonte: Brentano, 2015.

Atualmente, não se dispõe de nenhuma norma brasileira ou mesmo instrução técnica do Corpo de Bombeiros Militar, que determine os critérios para a compartimentação vertical de fachadas ventiladas. Entretanto, a IT N° 09:2019 aponta algumas condições para as fachadas cortina, estabelecendo que, quando a fachada não for constituída de elementos envidraçados corta-fogo de acordo com as condições da NBR 14925:2019 e IT N° 08:2019, devem ser previstos elementos corta-fogo de separação entre estas, além de que as aberturas entre a fachada cortina e os elementos de separação devem ser vedadas com selos corta-fogo em todo perímetro. Menciona-se, ainda, que os caixilhos e os componentes transparentes das janelas devem ser compostos por materiais incombustíveis e todas as unidades envidraçadas devem atender aos critérios de segurança previstos na NBR 7199:2016 . A Figura 11 traz o modelo de compartimentação vertical apresentado na IT N° 09:2019 para este tipo de fachada enquanto a Figura 12 traz uma adaptação de Brentano (2015).

**Figura 11 - Modelo de compartimentação vertical (fachada envidraçada)**



Fonte: IT N° 09:2019.

**Figura 12 - Compartimentação vertical em fachadas "pele de vidro"**

Fonte: Brentano, 2015.

### **3 METODOLOGIA**

O presente capítulo tem como finalidade apresentar os métodos utilizados na elaboração da pesquisa sobre fachadas ventiladas em situação de incêndio, para o cumprimento dos objetivos propostos.

O trabalho foi estruturado a partir de uma revisão bibliográfica sobre o sistema de fachadas ventiladas e sobre a propagação de incêndios em edifícios. No capítulo anterior, através da pesquisa de artigos, dissertações, normas, trabalhos de conclusão e livros, foi apresentada a dinâmica do SFV e os principais tipos de materiais empregados, além da contextualização do problema concernente ao risco da propagação de incêndios neste tipo de solução de fachada, bem como uma possível solução para o mesmo, através da compartimentação vertical. Contudo, apesar de apresentada como possível solução, apontou-se que a compartimentação tende a descaracterizar a definição de fachada ventilada, uma vez que barreiras corta-fogo anulam a ventilação.

Com base nisso, torna-se pertinente analisar as disposições técnicas gerais encontradas sobre o assunto, no intuito de investigar a viabilidade da execução de uma fachada ventilada dentro dos limites da legislação atual, bem como investigar as propriedades dos materiais empregados, para que se possa proporcionar maior segurança aos usuários.

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

Diante do exposto acima, a pesquisa se caracteriza como sendo de caráter exploratório, com abordagem qualitativa, apoiando-se em técnicas de levantamento de dados realizadas através da análise documentos legais.

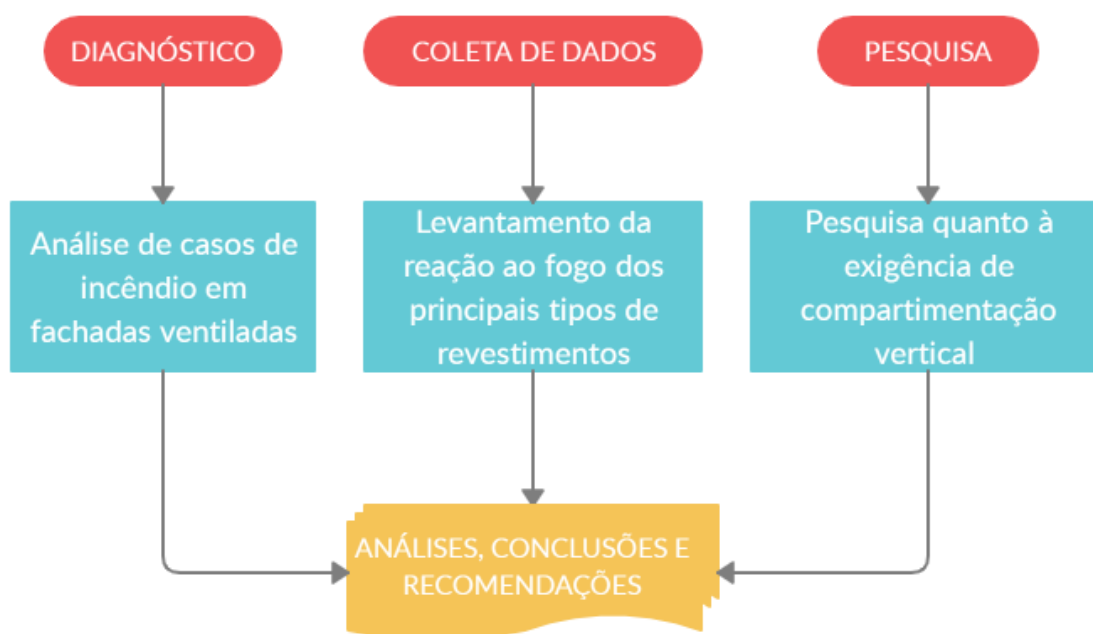
#### **3.2 Delineamento da pesquisa**

Fundamentado no fato de que a atual legislação brasileira não contempla normas técnicas capazes de guiar o projeto e a execução do sistema de fachadas ventiladas, nem mesmo documentos de regulamentação de segurança contra incêndio que abordem esta tecnologia em específico, o delineamento da pesquisa consiste em analisar a legislação disponível atualmente, a fim de buscar soluções

quanto à compartimentação das fachadas não aderidas, e viabilizar a concepção de uma fachada que alcance bons níveis de desempenho no tocante à segurança ao fogo.

A sequência da pesquisa, se dará através do estudo de casos de incêndio ocorridos em edificações, os quais tiveram, comprovadamente, influência do sistema de fachadas ventilada: o incêndio da Grenfell Tower, edifício residencial que abrigava entre 400 e 600 famílias de baixa renda, ocorrido em Londres no ano de 2017, o incêndio de um edifício multifamiliar de luxo em Gaia (Portugal), ocorrido em 2008 e, o caso mais recente, o incêndio de um bloco de apartamentos estudantil em Bolton (Inglaterra), ocorrido no final de 2019. Faz-se este estudo no intuito de identificar quais tipos de revestimento apresentam maior grau de risco e, na sequência, propõe-se um levantamento junto aos fabricantes dos principais materiais, seu comportamento em relação ao fogo e análise quanto à composição destes revestimentos, que identifique qual material é a origem do problema e em quais outros tipos de revestimento o risco se faz presente. O Fluxograma 1 traz as etapas do desenvolvimento da pesquisa.

### Fluxograma 1 - Delineamento da pesquisa



Fonte: Autora, 2020.

## 4 ANÁLISES E DISCUSSÕES

### 4.1 Casos de incêndio em edifícios com fachada ventilada

A seguir, serão apresentados três casos de incêndio, sendo dois deles bem recentes, nos quais foi comprovada a contribuição do sistema de revestimento exterior na propagação vertical do incêndio, fazendo com que os sinistros atingissem maiores proporções e aumentando os danos causados.

#### 4.1.1 Grenfell Tower, Londres, junho de 2017

A tragédia da torre Grenfell, em Londres, na Inglaterra é a demonstração real dos riscos mencionados no presente trabalho. O incêndio do residencial de 24 andares, ocorrido na madrugada do dia 14 de junho de 2017, provocou 72 vítimas mortais. No prédio, de 120 apartamentos, localizado no bairro de North Kensington, a oeste da capital, moravam cerca de 600 pessoas (BBC, 2018).

Construído em 1974, o edifício residencial havia passado por uma reforma recente, entre 2014 e 2016, do tipo *retrofit*, ocasião em que recebeu o novo revestimento, que viria a ser apontado como o grande vilão da tragédia, o material conhecido como *Reynobond PE*. Trata-se de painel de alumínio, cuja camada interna é preenchida por polietileno para melhorar seu desempenho térmico e acústico.

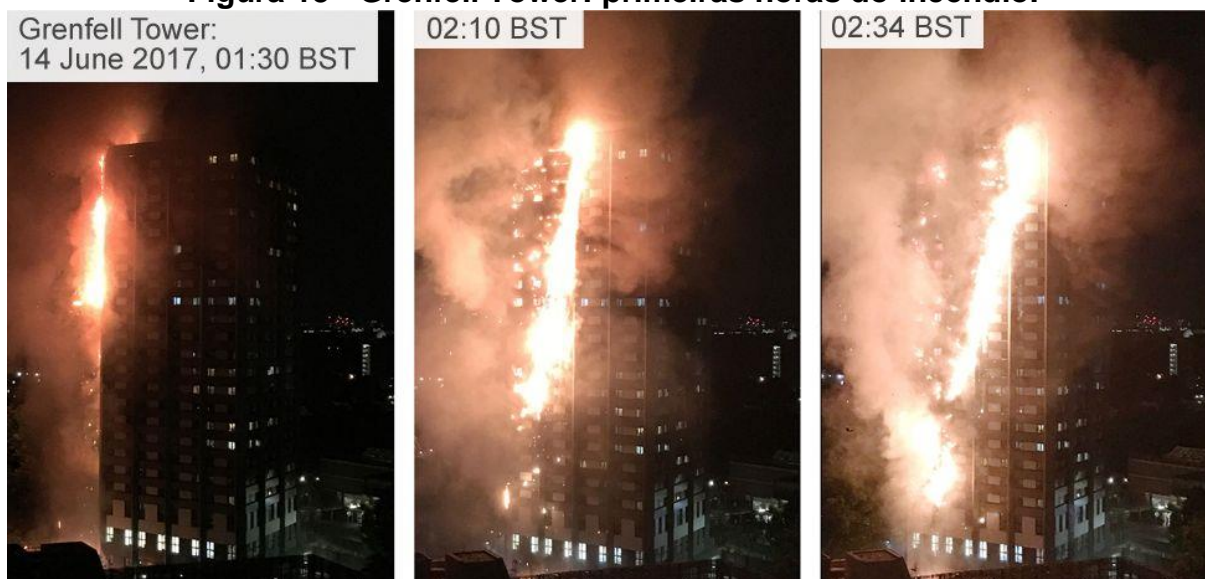
A perícia, realizada por diversos especialistas da área de segurança contra incêndio, concluiu que o incêndio partiu de uma geladeira com defeito, em um apartamento do quarto andar, e foi fortemente agravado pelo fato de o revestimento externo do edifício e o isolamento estarem em desacordo com as normas de segurança contra incêndio e, ainda, pelo fato do fogo ter ascendido através da chaminé formada pelo revestimento não aderido da fachada.

Em um relatório para a Consulta Pública de *Grenfell*, a uma das engenheiras responsáveis pela perícia descreveu que, do quarto andar, o fogo se espalhou, de forma rápida, verticalmente e lateralmente, pela fachada leste da torre. Segundo a reportagem da BBC (2018), assim que percebeu o fogo em sua residência, o proprietário do apartamento onde o fogo começou relata ter ligado imediatamente para os bombeiros, que registraram a ligação à 00:54 e as primeiras viaturas chegaram ao local à 00:59. Registros fotográficos mostram o incêndio atingindo o piso superior no



lado leste da torre *Grenfell* cerca de 01:26, menos de 30 minutos após a chegada dos bombeiros. O lado norte da torre foi atingido pelo incêndio à 01:42 e à 01:52 o fogo também começou a viajar pelo lado leste em direção ao sul na outra direção. Pela cronologia apresentada, observa-se que em questão de uma hora o incêndio já havia se espalhado por praticamente toda a envoltória da edificação, reforçando a gravidade do risco que se corre, ao fazer a escolha de um revestimento inadequado. O incêndio não se extinguiu até à 01:14 da noite de 15 de junho, 24 horas depois.

**Figura 13 - Grenfell Tower: primeiras horas do incêndio.**



Fonte: BBC, 2018.

O relatório ainda aponta uma série de falhas que contribuíram com o desastre, como o mau estado da canalização, que foi incapaz de transportar água até os andares mais altos, a ineficiência das portas corta-fogo, que resistiram apenas 20 minutos e o fato de o elevador de incêndio estar estragado. Seu relatório também sugere que as cavidades verticais dentro da estrutura de revestimento desempenharam um papel na propagação do fogo, assim como o isolamento. Contudo, enfatiza que o principal culpado pela tragédia foi, de fato, o revestimento exterior inflamável pois, além de ter sido o responsável pela rápida propagação das chamas, o mesmo produziu fumos tóxicos que acabaram por atrasar o serviço dos bombeiros e causar asfixia nos habitantes. As placas do revestimento consistiam em folhas de painel de alumínio composto (ACM), ligadas a um núcleo central de polietileno, material altamente combustível que derrete, escorre e flui a temperaturas elevadas. Na Alemanha e nos Estados Unidos, o uso desse tipo de material é proibido

desde 2015. Após a tragédia, o fabricante do *Reynobond PE*, a Arconic, anunciou a retirada do produto do mercado em todo o mundo e em 18 de junho de 2017 este tipo de revestimento foi terminantemente proibido em todo o Reino Unido.

Classificando o revestimento como “não compatível com o requisito funcional dos regulamentos de construção”, a engenheira de segurança contra incêndios Barbara Lane afirmou não ter encontrado qualquer evidência de que um possível cenário de incêndio tivesse sido considerado pelos responsáveis da reforma (BBC, 2018).

#### **4.1.2 Edifício residencial, Gaia, abril de 2008**

Este caso de incêndio ocorreu num edifício multifamiliar de luxo em Gaia, Portugal. Segundo a Companhia de Bombeiros Sapadores de Gaia (2008), a origem do fogo foi uma vela aromática em uma habitação do quinto andar, de um total de oito, que infelizmente destruiu o apartamento em questão e toda a fachada lateral do edifício. Mais uma vez, os grandes agravantes da situação foram o desenvolvimento de uma chaminé na câmara de ar da fachada ventilada e o uso de revestimento exterior composto de materiais inflamáveis.

A edificação possuía um sistema de fachada ventilada constituído pelo isolamento térmico composto por espuma de poliuretano projetado e uma estrutura auxiliar metálica sobre a qual assentavam painéis compostos de alumínio com núcleo em polietileno. O fogo atingiu a fachada através das janelas e, devido a temperatura elevada, alguns dos painéis se desintegraram, permitindo que o fogo atingisse o núcleo de polietileno, parte mais combustível do conjunto, o qual derreteu e entrou em combustão, desencadeando assim a brusca propagação do fogo por todo o revestimento exterior. Conforme o material plástico do núcleo ardia em chamas, o mesmo liberava gotículas inflamáveis que foram responsáveis pela propagação do fogo aos pisos adjacentes e, inclusive, para uma outra habitação próxima.

Em somatório à combustão do revestimento exterior, o fogo atingiu também a câmara de ar ventilada onde encontrou o isolamento, constituído também por outro material altamente combustível, o poliuretano, que ardeu e carbonizou alastrando-se por toda a cavidade devido ao efeito chaminé.

O alerta foi recebido em torno de 00h16 e o fogo foi dado como extinto às 02:30. Felizmente, devido à rápida intervenção dos bombeiros, o incêndio não causou

mortes, nem se alastrou para o interior dos demais apartamentos, concentrando-se apenas na fachada da edificação. Com isso, o exterior do prédio ficou extremamente danificado, conforme pode ser observado na Figura 14.

**Figura 14 – Revestimento após o incêndio no edifício multifamiliar em Gaia.**



Fonte: Jornal O Público, 2008.

#### **4.1.3 The Cube, Bolton, novembro de 2019**

The Cube é o nome de uma residência estudantil, localizada na cidade de Bolton, na Inglaterra, a qual pegou fogo na noite de 16 de novembro de 2019.

De acordo com o jornal The Guardian (2019), dos seis andares do The Cube, o sexto andar ficou totalmente destruído e o quarto e quinto andar foram visivelmente danificados. O sinistro não deixou vítimas fatais, mas causou grande revolta na população, pelo fato de, mesmo após a fatídica tragédia da torre Grenfell, ainda existirem tantas outras edificações com material inflamável empregado na fachada. Por conta disso, antes mesmo de se concluir qual havia sido a origem do incêndio, a empresa administradora da propriedade logo afirmou que o edifício não era revestido com o mesmo material que a torre Grenfell. No entanto, imagens mostram claramente que o incêndio se desenvolveu exponencialmente, ou seja, a condição de propagação do fogo era a semelhante à de Grenfell. Mais tarde, confirmou-se que o edifício era revestido por painéis laminados de alta pressão (HPL – High Pressure Laminate). Na

Figura 15 é possível ver claramente o fogo “subindo” pelo revestimento da fachada e, na Figura 16, como o último andar ficou totalmente destruído.

**Figura 15 - Incêndio na residência estudantil "The Cube".**



Fonte: The Guardian, 2019.

**Figura 16 - Residência estudantil "The Cube" após incêndio.**



Fonte: The Guardian, 2019.

#### **4.2 Análise dos materiais quanto à composição e combustibilidade**

Incontestavelmente, o que se vê em comum entre os três casos de incêndio apresentados é a propagação do incêndio de forma exponencial pela fachada das edificações, usando o revestimento como combustível. Esse fato levanta um ponto



importante que, normalmente, só é percebido após as tragédias: a qualidade do material que foi empregado. Muitas vezes, o material escolhido para revestir a fachada é escolhido com base apenas na estética e economia, sem pensar na segurança. O presente capítulo tem o objetivo de analisar a composição dos materiais mais comumente empregados, bem como sua classificação no tocante à segurança contra incêndio.

Para o desenvolvimento do citado acima, selecionou-se cinco tipologias de revestimento, considerados os mais comumente empregados fachadas ventiladas, os quais apresentar-se-á a composição e classificação de acordo com as especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes.

#### **4.2.1 Rocha natural**

A rocha natural selecionada para esta pesquisa foi o granito, uma rocha de natureza silicática, com maior dureza, cuja composição mineralógica mais comum apresenta quartzo, feldspatos e micas. Para singularizar esta pesquisa, selecionou-se o granito amarelo veneziano, que, de acordo com o Manual das Rochas Ornamentais (2013), é composto por microclima micropertítico (45%), quartzo (30%), plagioclásio (16%), biotita (5%) e acessórios (4%).

**Figura 17 - Granito amarelo veneziano**



Fonte: Manual das rochas ornamentais, 2013.

### 4.2.2 Cerâmica

A placa cerâmica selecionada para esta pesquisa foi o porcelanato técnico da ElianeTec, linha especial de soluções construtivas da marca Eliane Revestimentos Cerâmicos, a qual descreve o revestimento como sendo composto por uma massa cerâmica de matérias-primas nobres (argilas, feldspatos e areias feldspáticas) prensada e queimada a elevadíssimas temperaturas.

**Figura 18 - Porcelanato técnico**



Fonte: Catálogo ElianeTec, 2020.

### 4.2.3 Placa metálica

A placa metálica selecionada para esta pesquisa foi o ACM (Painel de alumínio composto) da marca Alukroma. Conforme já abordado, o ACM é composto por duas chapas de alumínio com um núcleo de polietileno, usando um processo de colagem através de adesivos químicos a temperaturas elevadas. De acordo com as especificações técnicas fornecidas pela fabricante, seu produto conta com duas opções de núcleo: o PE - Polietileno de Baixa Densidade, obtido através da polimerização do etileno, e o FR – Resistente ao Fogo, núcleo misto de polietileno com carga mineral. Notadamente, a composição do núcleo terá relação direta com a classe de reação ao fogo do produto.

**Figura 19 - Painel de alumínio composto**



Fonte: Autora, 2020.

#### **4.2.4 Concreto polimérico**

A placa de concreto polimérico selecionada para esta pesquisa foi a da marca ULMA. Segundo a fabricante, seu concreto polímero é um material de alta qualidade, tendo mais de 90% de componentes naturais. O núcleo dos painéis é fabricado por moldagem através da mistura de áridos com resinas poliméricas, e a camada superficial é fabricada com uma tecnologia própria da marca, sendo constituída por uma mistura homogênea de resinas termoestáveis, aditivos de proteção contra as radiações de ultravioleta, massas corantes à base de pigmentos estáveis e outras substâncias reativas.

**Figura 20 - Placa de concreto polimérico**

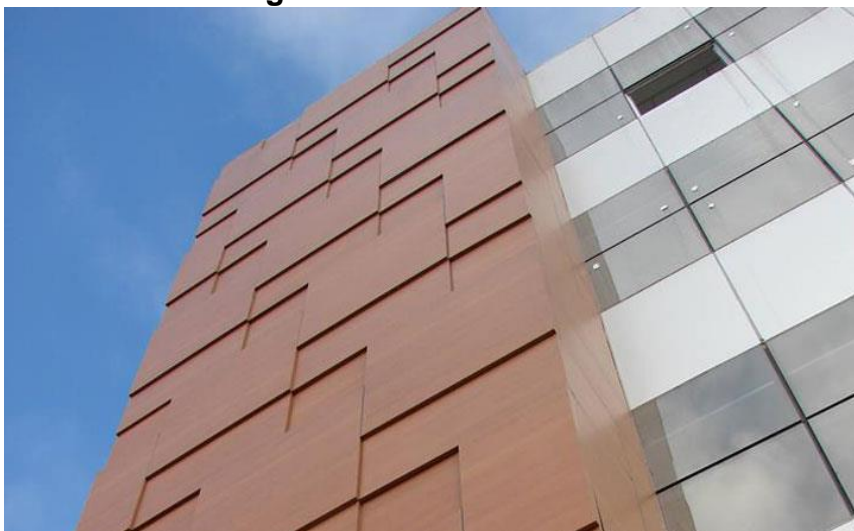


Fonte: Ulma, 2020. Disponível em: <<https://www.ulmaarchitectural.com/pt-br/fachadas-ventiladas/linha-de-produto/paineis-concreto-polimero>>. Acesso em: 26/05/2020.

#### 4.2.5 Painel fenólico

O painel fenólico selecionado para esta pesquisa foi o HPL (High Pressure Laminate), da Pertech Exterior® uma linha de painéis de alta resistência da marca Pertech®, a qual descreve o produto como um painel de alta resistência, composto por um filme de proteção à luz UV, prensado sobre material fibroso, impregnado com resinas melamínicas e fenólicas compactadas por alta pressão e alta temperatura. O filme de proteção garante alta resistência a intempéries e a radiação ultravioleta (UV), além de ser anti-pichação. Segundo o fabricante, o produto não precisa de manutenção periódica.

**Figura 21 - Painel fenólico**



Fonte: Catálogo Pertech Exterior®, 2020.

A fim de fazer um comparativo dentre os materiais mais comumente aplicados em revestimento de fachadas ventiladas e identificar qual o produto mais indicado no tocante à comportamento ao fogo, apresenta-se a Tabela 2. A tabela traz a classe de reação ao fogo dos revestimentos selecionados, de acordo com a IT N° 09:2019, tendo sido esta informação obtida através das fichas técnicas de produto ou através de contato com o fabricante. Lembrando que as classes aceitáveis para revestimentos externos, de acordo com a IT são as classes I, II-A e II-B.



**Tabela 2 - Classe de reação ao fogo dos revestimentos selecionados**

Tipo	Especificação	Fabricante	Classificação	Fonte
Rocha natural	Granito (Amarelo Veneziano)	-	I	Manual das Rochas Ornamentais, Sindirochas (2013).
Cerâmica	Porcelanato	Eliane	I	Fabricante
Placa metálica	ACM – Painel de Alumínio Composto	Alukroma	II – A (núcleo FR) IV – A (núcleo PE)	Fabricante
Concreto polimérico	Placas de Concreto Polimérico	ULMA	II - B	Fabricante
Painel fenólico	HPL – High Pressure Laminate	Pertech®	II - A (versão FP1) III – A (versão padrão)	Fabricante

Fonte: Autora, 2020.

Caso o objetivo da pesquisa, fosse somente encontrar o material mais resistente em condições de incêndio, com uma breve análise da tabela se concluiria que a rocha natural é o material mais indicado, pois tem classe de reação ao fogo I (incombustível, não contribui para a propagação de incêndios). Contudo, conforme já abordado anteriormente, a rocha natural não é a solução mais vantajosa para esse tipo de técnica, uma vez que as placas têm um custo elevado, muitas vezes não atingindo um custo-benefício satisfatório. No tocante ao desempenho, as placas de rocha natural não trazem boa manutenibilidade devido ao peso do material, que o torna de difícil manuseio, e à singularidade das peças, pois em uma necessidade de troca, dificilmente se encontrará uma peça idêntica. Alguns tipos de rocha também não trazem boas condições de estanqueidade, devido ao elevado grau de absorção. Com isso, pode-se afirmar que a escolha desse tipo de material vai contra a premissa do SFV, de alto desempenho atrelado à economia e sustentabilidade.

Para manter o sofisticado efeito estético do revestimento em rocha natural, com um melhor custo-benefício e sem redução da resistência ao fogo, a solução mais vantajosa seria o revestimento em placa cerâmica, que também tem classe de reação ao fogo I (incombustível, não contribui para a propagação de incêndios). Segundo dados do fabricante da placa analisada neste estudo, a instalação é extremamente

rápida, uma vez que tanto o revestimento quanto a ancoragem são materiais pré-fabricados. O mesmo vale para a manutenção. A variada gama de cores e modelos possibilita ampla composição do design. Ademais, a marca utiliza materiais recicláveis e ecologicamente corretos no seu processo de fabricação, de modo que o revestimento sai em vantagem no critério sustentabilidade.

No tocante às placas de ACM, essa é a solução mais atrativa em questões de economia, devido ao baixo custo dos painéis em relação aos outros tipos de revestimento. Sua instalação e manutenibilidade são excelentes, assim como da cerâmica, com a vantagem de as placas serem ainda mais leves. Entretanto, deve-se ter atenção na escolha deste tipo de revestimento, uma vez que, o mesmo foi responsável pelas grandes proporções da tragédia da torre Grenfell, tanto que, no Reino Unido, foi terminantemente proibida a aplicação de ACM em revestimentos de fachada. No Brasil, a aplicação é permitida, desde que, atenda os critérios estabelecidos na IT nº10/2019. A cerca do ACM apresentado neste estudo, observa-se na tabela que a marca possui duas linhas de produto, uma padrão e uma especial. As placas de ambas as linhas têm o exterior composto por duas chapas de alumínio, e diferem entre si apenas na composição do núcleo. A placa da linha padrão tem seu núcleo, denominado PE, composto por polietileno de baixa densidade, material considerado inflamável e de fácil propagação do fogo, gerando gases tóxicos e gotículas incandescentes. Conforme indicado na Tabela 2, de acordo com o fabricante, a classe dessa placa de revestimento é IV – A (média contribuição para o fogo, nocivo), não estando dentro do permitido pela IT N°10/2019, ou seja, não pode ser aplicada em revestimentos de fachada. Contudo, a placa da linha especial, denominada FR (Resistente ao Fogo), possui um núcleo misto de polietileno com carga mineral que, de acordo com o fabricante, é recomendado para projetos que requerem prevenção contra a propagação de chamas, pois quando misturado com carga mineral a quantidade de combustível é reduzida. São exemplos de cargas minerais o hidróxido de alumínio e o hidróxido de magnésio, que quando em presença de calor reagem e geram vapor de água, que abafa a chama ocupando o lugar do ar, e absorvem mais energia na reação, reduzindo a temperatura. Algumas cargas minerais são eficazes também como retardantes de chamas. A classe da placa com núcleo FR, de acordo com o fabricante, é II-A (previne a propagação do fogo, autoextinguível e atóxico). Essa classe atende à IT, de modo que o material pode ser empregado como revestimento de fachada.

A respeito das placas de concreto polimérico analisadas neste estudo, as mesmas possuem classe de reação ao fogo II-B, sendo aceitável para o emprego em fachadas de acordo com a IT N°10/2019. O fabricante acrescenta que, além da classificação de acordo com as normativas do corpo de bombeiros, seu produto é avaliado de acordo com as normativas europeias, de modo que afirma que o mesmo não produz fumaças tóxicas tampouco produz gotículas inflamáveis capazes de contribuir na propagação de um eventual incêndio.

No tocante aos painéis fenólicos analisados, o fabricante também dispunha de duas linhas de produto, uma com painéis especiais, com maior resistência ao fogo, e outra com os painéis tradicionais. A placa com resistência ao fogo, denominada FP1, possui classe de reação ao fogo II-A (previne a propagação do fogo, autoextinguível e atóxico), ou seja, é aceitável o seu emprego em fachadas de acordo com a IT N°10/2019. Porém, a versão tradicional dos painéis da marca possui, segundo ficha técnica do produto, classe de reação ao fogo III-A, não sendo aceitável o seu emprego em fachadas.

#### **4.3 Exigências em relação à compartimentação no cenário brasileiro**

De acordo com Silva (2012), o termo compartimento refere-se à “própria edificação ou parte dela, compreendendo um ou mais cômodos, espaços ou pavimentos”. Logo, entende-se que a compartimentação como medida de prevenção, seja ela vertical ou horizontal, tem o objetivo de limitar o incêndio a um determinado compartimento, evitando que ele se alastre para outro cômodo do mesmo pavimento (horizontalmente) ou para outro pavimento (verticalmente). No tocante à edificação de um modo geral, a compartimentação se faz eficaz, pois mantém incêndio em dimensões controláveis dentro de um determinado espaço, fazendo com que os ocupantes da edificação ganhem tempo para realizar a evacuação ou mesmo encontrar um local de refúgio. Já no quesito fachada ventilada, faz-se necessário observar um aspecto muito importante, pois, além de impedir que o fogo se alastre, deve-se também impedir que a fumaça atinja outros compartimentos, pois conforme já abordado, sabe-se que o efeito chaminé faz com que o ar quente suba pela cavidade entre o revestimento e a parede. Com isso, o presente tópico irá abordar sobre as exigências de compartimentação vertical para edificações no estado do Rio Grande do Sul.

Atualmente, a exigência de compartimentação em edifícios novos no Brasil é determinada pelo regulamento de segurança contra incêndios do Corpo de Bombeiros de cada estado. No Rio Grande do Sul, vigora o Decreto Estadual Nº 51.803, de 10 de setembro de 2014, e alterações, que regulamenta a Lei Complementar n.º 14.376, de 26 de dezembro de 2013, conhecida como Lei Kiss .

De acordo com o regulamento de segurança contra incêndios do Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul (CBMRS), a exigência ou não de compartimentação leva em conta a área e a altura da edificação, bem como seu grupo de ocupação. Dessa forma, a medida de prevenção de compartimentação vertical não é exigida para edificações com área menor ou igual a 750 m<sup>2</sup> e altura de até 12 metros, nem para residências (casas e apartamentos) e habitações coletivas (pensionatos, alojamentos, mosteiros, conventos etc.), com altura menor do que 12 metros. Já edificações com atividade industrial e comercial, hotéis, escolas, locais de reunião pública, depósitos etc., podem ou não exigir compartimentação, dependendo de fatores como a altura da edificação, a carga de incêndio em potencial e o grau de risco que oferecem a seus ocupantes. O Decreto Estadual Nº 51.803, de 10 de setembro de 2014, traz uma tabela, a qual subdivide essas ocupações por grupos e estabelece uma carga de incêndio (em MJ/m<sup>2</sup>) para cada atividade, de acordo com a classificação nacional de atividades econômicas (CNAE). Conhecendo-se a carga de incêndio da edificação obtém-se, também, o grau de risco de incêndio, através da Tabela 3.

**Tabela 3 - Classificação das edificações e áreas de risco de incêndio quanto ao grau de risco de incêndio**

GRAU DE RISCO DE INCÊNDIO	CARGA DE INCÊNDIO MJ/m <sup>2</sup>
Baixo	Até 300
Médio	Acima de 300 até 1.200
Alto	Acima de 1.200

Fonte: Decreto Estadual Nº 51.803, 2014.

Na sequência das tabelas mencionadas acima, o decreto estadual traz outras 28 tabelas, as quais determinam quais são as medidas de prevenção exigidas para cada edificação, de acordo com seu grupo de ocupação determinado. Como o objetivo deste tópico é identificar as ocupações com exigência para compartimentação vertical,

o Anexo D traz, um compilado dessas tabelas, mostrando em quais ocupações e em que circunstâncias a medida é exigida.

É importante frisar que em alguns casos a compartimentação nesses ambientes pode ainda ser substituída por medidas de proteção ativa, como instalação de sistemas de controle de fumaça e chuveiros automáticos, conforme notas específicas para cada caso.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou analisar o comportamento do sistema de fachadas com revestimento não aderido, mais especificamente fachadas ventiladas, em situação de incêndio.

Inicialmente, foi feita uma pesquisa a fim de compreender o funcionamento do sistema de fachadas ventiladas, o comportamento do fogo e os meios de propagação de um incêndio, tanto no interior quanto no exterior de uma edificação. A sequência da pesquisa se deu através da análise de casos de incêndio e da classificação da reação ao fogo dos elementos constituintes do sistema de revestimento, para um posterior entendimento dos riscos de incêndio associados ao uso de certos tipos de materiais.

Como resultado deste estudo ficou claro que o tipo de material constituinte do sistema de revestimento é um fator determinante para o comportamento da edificação frente ao fogo, mas, também, reconheceu-se que a caracterização isolada do comportamento ao fogo dos produtos empregados na concepção do SFV não é suficiente para qualificar o comportamento e assegurar a eficiência do sistema de fachada ventilada como um todo.

O ideal para uma boa prática construtiva na elaboração do SFV é atentar para uma criteriosa escolha dos materiais, para que haja um equilíbrio dentre os vários componentes do sistema. Deve-se evitar, por exemplo, que seja aplicado simultaneamente materiais de revestimento exterior combustíveis, estruturas de suporte com um mau comportamento em caso de incêndio e materiais isolantes facilmente inflamáveis, uma vez que tal combinação criaria um potencial de incêndio extremamente elevado.

Quanto ao revestimento exterior, deve-se optar por material totalmente incombustível, classe I de reação ao fogo, ou, materiais com baixa contribuição ao fogo, classe II-A ou II-B. Materiais de qualquer outra classe estão fora do permitido pelo regulamento de segurança contra incêndio, de acordo com a IT N° 10/2019.

No caso de sistemas de fachada ventilada com aplicação de material isolante termoacústico na cavidade, não devem ser utilizados materiais isolantes combustíveis, como a espuma de poliuretano projetado (PUR). Materiais como a lã de rocha, que é um isolante de origem natural e incombustível, são mais indicados.

Apesar de não fazer parte do abordado especificamente neste trabalho, deve-se dispensar atenção para a estrutura de suporte e fixação do sistema, visto que o SFV nada mais é do que um conjunto constituído por revestimento, isolamento e suporte. Pouco adianta possuir revestimento e isolamento incombustíveis se a estrutura de suporte tiver um mau comportamento ao fogo e não for capaz de reter o sistema em uma eventual situação de incêndio.

Para aumentar o desempenho do sistema em condições de incêndio, existem pesquisas que sugerem a instalação de barreiras corta-fogo na cavidade do SFV, de modo a prevenir uma propagação excessiva do fogo pela caixa de ar. Contudo, o desafio é aplicar essa solução mantendo a ventilação natural da cavidade em circunstâncias normais. O presente trabalho reforça a necessidade de serem desenvolvidos maiores estudos nesse sentido, a fim de desenvolver uma solução construtiva que torne possível limitar a propagação da chama no interior da cavidade sem comprometer a ventilação natural, o que pode ser uma sugestão para trabalhos futuros.

Pontua-se, ainda, que com o avanço do sistema de fachadas ventiladas no cenário construtivo brasileiro, já está em tempo de os órgãos regulamentadores estabelecerem exigências mais específicas para esse tipo de sistema e os riscos a ele associados, de modo a garantir uma boa concepção, que minimize os riscos de incêndio. Por outro lado, mesmo a regulamentação em vigor sendo pouco exigente, é comum vermos empreendimentos que não cumprem o básico. Conforme verificado, a principal exigência por parte dos órgãos regulamentadores é no tocante à reação ao fogo dos elementos constituintes das fachadas em geral. Contudo, no cenário brasileiro, observa-se que muitas vezes essa exigência é negligenciada, tanto que se encontra com facilidade no mercado produtos sem a classificação mínima, sendo comercializados como aptos para aplicação em fachadas. Com isso, fica evidente a necessidade de uma maior fiscalização dos órgãos regulamentadores, mas, mais do que isso, faz-se importante a atenção dos próprios responsáveis técnicos e donos de obra para essa questão, afinal, trata-se da segurança dos usuários da edificação.

Em síntese, a aplicação destes princípios associada ao cumprimento das exigências regulamentares existentes, e um futuro aprimoramento das mesmas, tenderá a reduzir os riscos de contribuição do sistema de fachadas ventiladas em uma situação de incêndio.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Por fim, destacam-se os seguintes pontos que podem ser pauta para trabalhos futuros relacionados a fachadas ventiladas em condição de incêndio:

- Análise da classificação de reação ao fogo também para o isolamento térmico e para a estrutura de suporte, visto que estes também se encontram sujeitos ao risco de exposição ao fogo caso o revestimento não seja capaz de conter as chamas;
- Caracterização dos elementos destinados a constituir as barreiras corta fogo, no sentido de identificar os materiais e os meios de aplicação mais adequados, e como se relacionam estes elementos com os demais componentes do sistema.



## REFERÊNCIAS

ALENCAR, Carlos Rubens Araujo. *Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo: rochas ornamentais*. Instituto Euvaldo Lodi, Espírito Santo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Manual de revestimentos de argamassa*. 1. ed. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia*. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. *NBR 13755: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação — Procedimento*. Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_\_. *NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações — Procedimento*. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. *NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. *NBR 15575-4: Edificações habitacionais - Desempenho parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE*. Rio de Janeiro, 2013.

AURÉLIO, *O dicionário da língua portuguesa*. 7. ed. Curitiba. Ed. Positivo, 2008.

BBC. *Grenfell Tower: What happened*. Reino Unido, jun. 2018. Disponível em: <<https://www.bbc.com/news/uk-40301289>>. Acesso em: 26 setembro 2019.

BRENTANO, Telmo. *A Proteção Contra Incêndio no Projeto de Edificações*. 3ª ed. Porto Alegre, 2015. 640p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. *Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013*. Câmara Brasileira da Indústria da Construção — Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CAMPOS, Karina Felisbino. *Desenvolvimento de sistema de fixação de fachada ventilada com porcelanato de fina espessura*. 2011. 187 f. Dissertação (Mestrado) — Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

CARASEK, H. C. *Argamassas. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. ISAIA, GC (Organizador/Editor). São Paulo: IBRACON, 2007.

COELHO, A. L.- *Segurança contra incêndio em edifícios de habitação*. Orion, 1998.

CONSTRULINK. *Dossier técnico-económico fachada ventilada*. 2006. Disponível em: <<http://engenhariacivil.files.wordpress.com/2008/01/dossiereconomico.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2019.

COMPANHIA DOS BOMBEIROS SAPADORES DE GAIA. *Incêndio num prédio em Gaia*. Publicado em: 08 abr. 2008. Disponível em: <<http://www.bombeiros-portugal.net/about6340.html.#axzz6lkaGjH3T>>. Acesso em: 04 abr. 2020.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. *IT Nº 08: Segurança estrutural contra incêndio*. São Paulo, 2019.

\_\_\_\_\_. CBPMESP. *IT Nº 09: Compartimentação horizontal e compartimentação vertical*. São Paulo, 2019.

\_\_\_\_\_. CBPMESP. *IT Nº 10: Controle de materiais de acabamento e de revestimento*. São Paulo, 2019.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Decreto Estadual Nº 51.803. Porto Alegre, 2014. (Alterado até o Decreto nº 55.148, de 26 de março de 2020).

DIREITO, Joana Ferreira. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). *Estudo de segurança contra incêndio em fachadas ventiladas* – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2011.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, ASSEMBLEIA LEGISLATIVA. *Lei Complementar Nº 14.376*, de 26 de dezembro de 2013. [S. l.], p. 85, 2013.

GUERRA, Isabel Silva; SANTOS, Carlos Pina. *Fachadas ventiladas: A propagação do incêndio pelo exterior*. Revista Proteger. Ed. 08. Associação Portuguesa de Segurança Eletrônica e de Proteção Incêndio, Lisboa. Setembro, 2010.

KUESTER, Patrícia. *Estudo de componentes para aplicação como sistemas de revestimento em fachadas ventiladas*. Unisc, Santa Cruz do Sul, 2017.

MACHADO, Antônio Luís do Amaral. *Diretrizes de projeto para revestimentos não aderidos de fachada constituídos de placas cerâmicas extrudadas*. São Paulo, 2012. 206p.

MARTINS, José Augusto Stoffel Maia Titto. (Programa de Mestrado em Engenharia Civil) *Análise comportamental do fogo em sistemas de fachada com isolamento pelo exterior* – Universidade Nova de Lisboa Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2009.

MEDEIROS, Jonas Silvestre. *Materiais para revestimentos de fachadas, uma escolha criteriosa*. AECweb. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/materiais-para-revestimentos-de-fachadas-uma-escolha-criteriosa\\_1132\\_10\\_16](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/materiais-para-revestimentos-de-fachadas-uma-escolha-criteriosa_1132_10_16)>. Acesso em: 21 set. 2019.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. *Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios*. 1999, 28 f. Boletim técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999.

MOURA, Eride. *Fachadas Respirantes: Fachadas ventiladas combinam funções estéticas com bom desempenho térmico, além de contribuir para reduzir cargas do condicionamento de ar*. TÊCHNE: revista de tecnologia da construção. Ed. 144. São Paulo: Pini, Mar. 2009.

OLIVEIRA, Luciana Alves de. (Programa de Doutorado em Engenharia Civil). *Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves*. – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SIQUEIRA Jr., Amaury Antunes de. *Tecnologia de fachada-cortina com placas de grés porcelanato*. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo: 2003. 199 p.

SILVA, Luiz Fernando Batista da. *Revestimento não-aderido: critérios de desempenho estrutural, drenabilidade e manutenibilidade*. - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2016. 93p.

SILVA, Valdir Pignata e. *Estruturas de aço em situação de incêndio*. São Paulo: Zigurate Editora, 2001.

SOUSA, Fernando Manuel Fernandes. Dissertação (Programa de Mestrado em Engenharia Civil) *Fachadas ventiladas em edifícios: tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte, acabamento* - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2010.

SOUSA, H. D.; et al. *Fachadas de Edifícios*. 1. ed. Porto: Lidel, 2016.

THE GUARDIAN. *Investigation under way into blaze at Bolton student building*. Reino Unido, nov. 2019. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/uk-news/2019/nov/15/fire-crews-battle-blaze-at-bolton-student-housing-building>>. Acesso em: 05 abril 2020.

VARGAS, Luciano. Notas de aula - *Curso de Elaboração de PPCI*. UNISC, 2017.

**ANEXO A - Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minutos.**

Grupo	Ocupação	Divisão	Profundidade do subsolo		Altura da edificação				
			$h_s > 10m$	$h_s \leq 10m$	$h \leq 6m$	$6m < h \leq 12m$	$12m < h \leq 23m$	$23m < h \leq 30m$	$h > 30m$
A	Residencial	A-1 a A3	90	60 (30)	30	30	60	90	120
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B2	90	60	30	60 (30)	60	90	120
C	Comercial varejista	C-1 a C-3	90	60	60 (30)	60 (30)	60	90	120
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60	30	60 (30)	60	90	120
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60 (30)	30	30	60	90	120
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6 e F-8	90	60	60 (30)	60	60	90	120
G	Serviços automotivos	G-1 e G2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
		G-1 e G2 abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 A H-5	90	60	30	60	60	90	120
I	Industrial	I-1	90	60 (30)	30	30	60	90	120
		I-2	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120
J	Depósitos	J-1	90	60 (30)	30	30	30	30	60
		J-2	120	90	60	60	90 (60)	120 (30)	120

Fonte: Adaptado de NBR 14432:2001.

## ANEXO B - Classificação dos materiais exceto revestimentos de piso

Classe \ Método de ensaio		ISO 1182	NBR 9442	ASTM E 662
I		Incombustível $\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$ ; $\Delta m \leq 50\%$ ; $t_f \leq 10 \text{ s}$	-	-
II	A	Combustível	$l_p \leq 25$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$l_p \leq 25$	$D_m > 450$
III	A	Combustível	$25 < l_p \leq 75$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$25 < l_p \leq 75$	$D_m > 450$
IV	A	Combustível	$75 < l_p \leq 150$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$75 < l_p \leq 150$	$D_m > 450$
V	A	Combustível	$150 < l_p \leq 400$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$150 < l_p \leq 400$	$D_m > 450$
VI		Combustível	$l_p > 400$	

Notas:

$l_p$  – Índice de propagação superficial de chama.

$D_m$  – Densidade óptica específica máxima.

$\Delta T$  – Variação da temperatura no interior do forno.

$\Delta m$  – Variação da massa do corpo de prova.

$t_f$  – Tempo de flamejamento do corpo de prova.

Fonte: IT N° 10:2019.

**ANEXO C - Classe dos materiais a serem utilizados considerando o grupo/divisão**

		Finalidade do Material			
		Piso (Acabamento (1) / Revestimento)	Parede e Divisória (Acabamento (2) / Revestimento)	Teto e forro (Acabamento / Revestimento)	Fachada (Acabamento / Revestimento)
Grupo / Divisão	<b>A-3 (5) e Condomínios Residenciais (5)</b>	Classe I, II-A, III-A, IV-A ou V-A (7)	Classe I, II-A, III-A, ou IV-A (8)	Classe I, II-A ou III-A (6)	Classe I a II-B
	<b>B, D, E, G, H, I-1, J-1(4), J-2, C-1, F-1, F-2, F-3, F-4, F-6, F-8, F-9 e F-10</b>	Classe I, II-A, III-A, ou IV-A	Classe I, II-A ou III-A (9)	Classe I, II-A	
	<b>C-2, C-3, F-5, F-7, F-11, I-2, I-3, J-3, J-4, L-1, M-2 (3) e M-3</b>	Classe I, II-A, III-A, ou IV-A	Classe I, II-A	Classe I, II-A	

*Notas específicas:*

- 1) *Incluem-se aqui cordões, rodapés e arremates;*
- 2) *Excluem-se aqui portas, janelas, cordões e outros acabamentos decorativos com área inferior a 20% da parede onde estão aplicados;*
- 3) *Somente para líquidos e gases combustíveis e inflamáveis acondicionados;*
- 4) *Exceto edificação térrea;*
- 5) *Somente para edificações com altura superior a 12 metros;*
- 6) *Exceto para cozinhas que serão Classe I ou II-A;*
- 7) *Exceto para revestimentos que serão Classe I, II-A, III-A ou IV-A;*
- 8) *Exceto para revestimentos que serão Classe I, II-A ou III-A;*
- 9) *Exceto para revestimentos que serão Classe I ou II-A.*

Fonte: IT Nº 10:2019.

**ANEXO D - Exigência de compartimentação vertical para edificações com área superior a 750m<sup>2</sup> ou altura superior a 12m**

Classificação quanto à ocupação		Classificação quanto à altura (m)					
Grupo de ocupação e uso	Divisão	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	H > 30
A - Residencial	A-2, A-3 e Condomínios residenciais	-	-	-	Sim <sup>1</sup>	Sim <sup>1</sup>	Sim <sup>1</sup>
B – Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	-	-	-	Sim <sup>2</sup>	Sim <sup>2</sup>	Sim <sup>3</sup>
C - Comercial	C-1, C-2, e C-3	-	-	-	Sim <sup>4</sup>	Sim <sup>4</sup>	Sim <sup>5</sup>
D – Serviços profissionais	D-, D-2, D-3, D-4 e D-5	-	-	-	Sim <sup>6</sup>	Sim <sup>7</sup>	Sim <sup>5</sup>
E – Educacional e cultural	E1, E-2, E-3, E-4, E-5, e E-6	-	-	-	Sim <sup>8</sup>	Sim <sup>8</sup>	Sim <sup>5</sup>
F – Locais de reunião de público	F-1	-	-	-	Sim <sup>6</sup>	Sim <sup>6</sup>	Sim <sup>5</sup>
	F-2	-	-	-	Sim <sup>9</sup>	Sim <sup>6</sup>	Sim <sup>5</sup>
	F-3 e F-9	-	-	-	Sim <sup>8</sup>	Sim <sup>8</sup>	Sim
	F-4	-	-	-	Sim <sup>8</sup>	Sim <sup>7</sup>	Sim
	F-5, F-6 e F-8	-	-	-	Sim <sup>10</sup>	Sim <sup>10</sup>	Sim
	F-7	-					
	F-10	-	-	-	Sim <sup>6</sup>	Sim <sup>7</sup>	Sim
	F-11 e F-12	-	Sim <sup>11</sup> <sub>-12</sub>	Sim <sup>11</sup> <sub>-12</sub>	Não	Não	Não
G – Serviços automotivos e assemelhados	G-1, G-2 e G-6	-	-	-	Sim <sup>8</sup>	Sim <sup>8</sup>	Sim <sup>8</sup>
	G-3 e G-4	-	-	-	Sim <sup>8</sup>	Sim <sup>8</sup>	Sim <sup>8</sup>
	G-5	-	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
H – Serviços de saúde e institucional	H-1 e H-2	-	-	-	Sim <sup>9</sup>	Sim <sup>2</sup>	Sim <sup>5</sup>
	H-3	-	-	Sim <sup>13</sup>	Sim <sup>2</sup>	Sim <sup>2</sup>	Sim <sup>3</sup>
	H-4	-	-	-	Sim <sup>4</sup>	Sim <sup>4</sup>	Sim <sup>5</sup>
	H-5	-	-	-	Sim	Sim	Sim
	H-6	-	-	-	Sim <sup>14</sup>	Sim <sup>10</sup>	Sim <sup>5</sup>
I – Industrial	I-1 e I-2	-	-	-	Sim	Sim	Sim
	I-3	-	-	-	Sim <sup>7</sup>	Sim <sup>7</sup>	Sim
J – Depósito	J-1	-	-	-	Sim <sup>8</sup>	Sim <sup>8</sup>	Sim
	J-2	-	-	-	Sim <sup>9</sup>	Sim <sup>9</sup>	Sim
	J-3 e J-4	-	-	-	Sim <sup>10</sup>	Sim <sup>10</sup>	Sim
L - Explosivos	L-1, L-2 e L-3	-					
M - Especiais	M-1, M-2, M-4, M-5, M-6 e M-7	-					
	M-3	-	-	-	Sim	Sim	Sim

Notas específicas:

1 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça somente nos átrios.

---

2 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça, detecção de incêndio e chuveiros automáticos, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.

3 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça, detecção de incêndio e chuveiros automáticos, até 60 metros de altura, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações,

sendo que para altura superior deve-se, adicionalmente, adotar as soluções contidas em RTCBMRS.

4 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça somente nos átrios, áreas de uso comum e rotas de fuga, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.

5 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça, até 60 metros de altura, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.

6 – Pode ser substituída por sistema de chuveiros automáticos, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.

7 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.

8 – A compartimentação vertical será considerada para as fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.

9 – Pode ser substituída por sistema de detecção de incêndio e chuveiros automáticos, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.

10 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça e chuveiros automáticos, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.

11 – Exigida somente para edificações com mais de 3.000m<sup>2</sup>. Cada módulo compartimentado não poderá possuir mais de 3.000m<sup>2</sup>.

12 – Pode ser substituída pelo sistema de chuveiros automáticos em toda a edificação.

13 – Exigido para selagens dos shafts e dutos de instalações.

14 – Deverá haver controle de fumaça nos átrios, somente nos quartos, se houver.

---

Fonte: Autora, 2020 (adaptado de Decreto Estadual 51.803, 2014).