



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

Matheus Rodrigues Damasceno

**Sistema de Fachada Ventilada  
Análises Qualitativas na Proteção Térmica e de Permeabilidade;  
e Tipológicas na Produção, Materiais e Ancoragens.  
Estudo de Caso.**

**FORTALEZA**

**2022**

Matheus Rodrigues Damasceno

**Sistema de Fachada Ventilada**  
**Análises Qualitativas na Proteção Térmica e de Permeabilidade;**  
**e Tipológicas na Produção, Materiais e Ancoragens.**  
**Estudo de Caso.**

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ivan José Ary Júnior.

**FORTALEZA**

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

D162s Damasceno, Matheus Rodrigues.

Sistema de fachada ventilada : Análises qualitativas na proteção térmica e de permeabilidade; e tipológicas na produção, materiais e ancoragens. Estudo de caso. / Matheus Rodrigues Damasceno. – 2022.

96 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Ivan José Ary Júnior.

1. Fachada ventilada. 2. Revestimento de Fachada. 3. Efeito Chaminé. 4. Proteção térmica. I. Título.

CDD 620

---

Matheus Rodrigues Damasceno

**Sistema de Fachada Ventilada**  
**Análises Qualitativas na Proteção Térmica e de Permeabilidade;**  
**e Tipológicas na Produção, Materiais e Ancoragens.**  
**Estudo de Caso.**

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ivan José Ary Júnior.

Aprovada em: 28/01/2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Ivan José Ary Júnior (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Mario Ângelo Nunes De Azevedo Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Especialista Vivian Oliveira Rebouças  
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

## RESUMO

O Sistema de Fachadas Ventiladas foi inicialmente desenvolvido na Europa a partir da busca por eficiência térmica para as edificações, reduzindo os custos de refrigeração e calefação. Composto de uma camada de revestimento externo, fixada de forma afastada do substrato, pode ser suportada por ancoragens diretas ou sob estrutura intermediária. A camada de ar formada promove um isolamento térmico entre os ambientes externos e internos da edificação. O sistema ventilado se caracteriza pelo fluxo de ar contínuo entre a câmara de ar e o ambiente externo, através das juntas entre os revestimentos e pelas extremidades da fachada, proporcionando a renovação do ar devido ao “efeito chaminé”. O sistema ventilado pode ser executado em obras novas e/ou reformas. Sendo uma fachada versátil, permite a aplicação de diversificados materiais de revestimento externo, ancoragens, estrutura intermediária e isolantes térmicos. As fachadas ventiladas apresentam vantagens técnicas e comerciais quando comparadas com o sistema aderido. Entre as vantagens, destacam-se o desempenho térmico, acústico, baixa manutenibilidade e elevada velocidade de execução. A fim de apresentar as características do sistema e incentivar a utilização, foram propostos ao final deste trabalho critérios de classificação do sistema de fachada ventilada quanto à tipologia dos materiais empregados e quanto à qualidade em relação aos níveis de proteção térmica e permeabilidade, direcionados para profissionais de construção civil e interessados.

**Palavras-chaves:** fachada ventilada; efeito chaminé; proteção térmica.

## **ABSTRACT**

The Ventilated Façade System was initially developed in Europe from the search for thermal efficiency for buildings, reducing cooling and heating costs. Composed of an external coating layer, fixed away from the substrate, it can be supported by direct anchors or under an intermediate structure. The formed air layer promotes thermal insulation between the external and internal environments of the building. The ventilated system is characterized by the continuous air flow between the air chamber and the external environment, through the joints between the claddings and through the edges of the façade, providing air renewal due to the “chimney effect”. The ventilated system can be used in new works and/or renovations. As a versatile façade, it allows the application of diverse external cladding materials, anchors, intermediate structure and thermal insulators. Ventilated façades have technical and commercial advantages when compared to the bonded system. Among the advantages, the thermal and acoustic performance, low maintenance and high execution speed stand out. In order to present the characteristics of the system and encourage its use, it was proposed at the end of this work criteria for classification of the ventilated façade system regarding the typology of the materials used and the quality in relation to the levels of thermal and permeability protection, directed for construction professionals and interested parties.

**Keywords:** ventilated façade; chimney effect; thermal protection.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Subsistemas em uma edificação.....	16
Figura 2 - Vedação Externa - Parede Dupla sem isolamento térmico.....	19
Figura 3 - Vedação Externa - Parede Dupla com isolamento térmico.....	19
Figura 4 - Vedação Externa - Parede Singela com isolamento externo.....	20
Figura 5 - Fluxo de Calor.....	20
Figura 6 - Fluxo de água e umidade.....	21
Figura 7 - Perfil - Sistema de fachada ventilada.....	22
Figura 8 - Chumbador Mecânico - Componentes.....	23
Figura 9 - Chumbador Mecânico – Fixação.....	23
Figura 10 - Chumbador Químico.....	23
Figura 11 - Ancoragem por cavilha. (1. Junta horizontal / 2. Junta Vertical). ....	24
Figura 12 - Ancoragem por discos. ....	25
Figura 13 - Ancoragem no tardo. ....	25
Figura 14- Fixação por grampos – à vista. ....	26
Figura 15 - Fixação por grampos - Sobreposta. ....	26
Figura 16 - Ancoragem Linear.....	27
Figura 17 - Estrutura intermediária em madeira.....	28
Figura 18 - Estrutura intermediária em alumínio. ....	29
Figura 19 - Aplicação de Lã Mineral.....	30
Figura 20 - Espuma de Vidro.....	31
Figura 21 - Poliuretano projetado - Aplicação.....	33
Figura 22 - Poliestireno expandido - Aplicação.....	34
Figura 23 - Poliestireno Extrudido - Aplicação.....	35
Figura 24 - Cortiça - Aplicação.....	36
Figura 25 – Revestimento externo em pedra.....	37
Figura 26 - Revestimento externo em placa cerâmica.....	40
Figura 27 – Revestimento Externo em Aço inoxidável.....	41
Figura 28 - Alumínio Composto.....	42
Figura 29 – Revestimento externo em Alumínio - Painéis Lisos.....	42
Figura 30 – Revestimento externo em Alumínio - Painel Perfilado.....	42
Figura 31 - Revestimento externo em Alumínio – ACM.....	43
Figura 32 - Revestimento externo em Cobre.....	43

Figura 33 - Revestimento externo em Zinco.....	44
Figura 34 - Paineis Fenólicos.....	45
Figura 35 - Revestimento externo em naturocimento.....	45
Figura 36 - Revestimento externo em vidro.....	46
Figura 37 - Revestimento externo em Madeira Modificada.....	47
Figura 38 - Revestimento externo em policarbonato.....	48
Figura 39 - Revestimento externo com Painéis Fotovoltaicos.....	48
Figura 40 - Fluxograma - Etapas do Processo.....	49
Figura 41 - Fixação da ancoragem.....	51
Figura 42 - Roseta PVC.....	51
Figura 43 - Instalação do isolante térmico.....	52
Figura 44 - Instalação dos perfis metálicos.....	53
Figura 45 - Instalação do revestimento.....	54
Figura 46 - Hospital Unimed - Revestimento cerâmico extrudado, fibrocimento e granito.....	55
Figura 47 - Hotel Suryaa - Revestimento cerâmico extrudado.....	56
Figura 48 - Aeroporto Salgado Filho - Revestimento de Fibrocimento.....	56
Figura 49 - Edifício Residencial Bela Cintra 1 - Revestimento cerâmico.....	57
Figura 50 - Shopping JK Iguatemi – Revestimento Cerâmico.....	57
Figura 51 - Bairro Sobreiro - Retrofit de fachada.....	58
Figura 52 - Sede da Polícia Judiciária de Lisboa - Revestimento externo em fibrocimento.....	58
Figura 53 - Delineamento da Pesquisa – Fluxograma.....	63
Figura 54 - Fachada montada in loco.....	64
Figura 55 - Fachada Pré-Fabricada.....	65
Figura 56 - Ancoragem mecânica.....	66
Figura 57 - Ancoragem por selagem.....	66
Figura 58 - Estrutura intermediária de alumínio.....	67
Figura 59 - Fixação à vista.....	69
Figura 60 - Fixação oculta.....	69
Figura 61 - Penetração de água pluvial em juntas devido a diferença de pressão. ..	70
Figura 62 - Tipos de juntas abertas - Ascendentes, descendentes e sobrepostas. ..	71
Figura 63 - Resistência térmica superficial interna e externa.....	73
Figura 64 - Fachada Ventilada - Estudo de caso.....	79



Figura 65 - Central de montagem dos perfis .....	80
Figura 66 - Sistema de ancoragem fixado a estrutura de concreto .....	81
Figura 67 - Revestimentos .....	81
Figura 68 - Fixação do revestimento .....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lã mineral .....	30
Tabela 2 - Espuma de Vidro.....	31
Tabela 3 - Poliuretano.....	32
Tabela 4 - Poliuretano Projetado.....	32
Tabela 5 - Poliestireno Expandido.....	33
Tabela 6 - Poliestireno Extrudido.....	34
Tabela 7 - Cortiça.....	35
Tabela 8 - Características das pedras naturais.....	37
Tabela 9 - Classificação das placas cerâmicas quanto à absorção de água e conformação.....	38
Tabela 10 - Classificação dos revestimentos cerâmicos prensados segundo a absorção de água e resistência a ruptura por flexão.....	39
Tabela 11 - Classificação dos revestimentos cerâmicos extrudados segundo a absorção e resistência a ruptura por flexão.....	39
Tabela 12 - Transmitância térmica de paredes .....	75
Tabela 13 - Capacidade térmica .....	75
Tabela 14 - Resistência, transmitância e capacidade térmica de acordo com o tipo de isolante,.....	76
Tabela 15 - Classificação do nível de proteção térmico .....	77
Tabela 16 - Classificação quanto ao nível de proteção a permeabilidade.....	78
Tabela 17 - Classificação quanto à tipologia - Estudo de caso .....	83
Tabela 18 - Classificação quanto à qualidade - Estudo de caso.....	84
Tabela 19 - Critérios de classificação quanto à tipologia .....	86
Tabela 20 – Critérios de classificação quanto a qualidade .....	87
Tabela 21 - Resistência térmica dos isolantes .....	94
Tabela 22 - Resistência térmica total dos isolantes .....	95
Tabela 23 - Transmitância térmica dos isolantes .....	96
Tabela 24 - Capacidade térmica dos isolantes.....	97

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Resistência térmica.....	72
Equação 2 - Resistência térmica total.....	73
Equação 3 - Transmitância térmica.....	74
Equação 4 - Capacidade térmica.....	74
Equação 5 - Proteção contra entrada - Padrão IEC 60529.....	77

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1.1</b>	<i>Objetivo Geral</i> .....	<b>15</b>
<b>1.1.2</b>	<i>Objetivos Específicos</i> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Sistema de Fachada Ventilada</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1.1</b>	<i>Componentes</i> .....	<b>21</b>
<b>2.1.2</b>	<i>Etapas do processo</i> .....	<b>49</b>
<b>2.2</b>	<b>Obras de Fachada ventilada</b> .....	<b>54</b>
<b>2.2.1</b>	<i>No Brasil</i> .....	<b>55</b>
<b>2.2.2</b>	<i>No Exterior</i> .....	<b>58</b>
<b>2.3</b>	<b>Vantagens e Desvantagens</b> .....	<b>59</b>
<b>2.3.1</b>	<i>Vantagens</i> .....	<b>59</b>
<b>2.3.2</b>	<i>Desvantagens</i> .....	<b>60</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>62</b>
<b>3.1</b>	<b>Enquadramento metodológico</b> .....	<b>62</b>
<b>3.2</b>	<b>Classificação da pesquisa</b> .....	<b>62</b>
<b>3.3</b>	<b>Métodos e ferramentas de coleta dos dados</b> .....	<b>62</b>
<b>3.4</b>	<b>Delineamento da Pesquisa</b> .....	<b>63</b>
<b>3.5</b>	<b>Critérios de Classificação do Sistema de fachada Ventilada</b> .....	<b>64</b>
<b>3.5.1</b>	<i>Classificação dos tipos de fachada ventilada – Quanto à tipologia</i> ..	<b>64</b>
<b>3.5.2</b>	<i>Classificação dos tipos de fachada ventilada – Quanto à qualidade</i>	<b>71</b>
<b>3.6</b>	<b>Estudo de caso</b> .....	<b>79</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISE</b> .....	<b>85</b>
<b>4.1</b>	<b>Proposta de classificação da fachada ventilada</b> .....	<b>86</b>

<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>88</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO A – Resistência Térmica dos Isolantes, Resistência Térmica Total, Transmitância Térmica e Capacidade Térmica .....</b>	<b>95</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais competitivos do mercado brasileiro. Logo, é desejo comum das empresas se diferenciar de suas concorrentes. Para isso, constantemente se busca inovação dos processos construtivos, a fim de proporcionar flexibilidade, qualidade do produto, diminuição do tempo de produção e diminuição do desperdício. Assim, proporcionando o aumento da eficiência otimizando o tempo e o lucro.

Nesse contexto de inovação, as fachadas evoluíram com os avanços das tecnologias e das condições de conforto, proporcionando o desenvolvimento de soluções construtivas inovadoras.

Dentre as soluções de fachada disponíveis, destaca-se o sistema de fachada ventilada devido a melhoria de vários critérios de desempenho do imóvel, como principais têm-se a durabilidade, a estanqueidade, a estética e a valorização. Nesse sistema, busca-se proporcionar o aumento da produtividade de execução, diminuição do peso específico e ganhos de eficiência térmica e acústica. Composto de uma estrutura reticulada metálica fixada a estrutura principal da edificação, mantém um afastamento entre a camada de revestimento e o substrato. A camada de ar formada promove um isolamento térmico entre os ambientes externos e internos da edificação. Devido a essa característica, pode ser confundido com o sistema de fachada cortina onde o ar encontra-se encapsulado, impossibilitando a troca com o exterior ou com o sistema de fachada pressurizado, quando as aberturas ao longo da superfície possuem a função de regular a pressão entre os ambientes. O sistema ventilado se caracteriza pelo fluxo de ar contínuo entre a câmara de ar e o ambiente externo, através das juntas entre os revestimentos e pelas extremidades da fachada, proporcionando a renovação do ar devido ao “efeito chaminé”. A circulação do ar no interior da câmara ocorre com a elevação da massa de ar quente e renovação da massa de ar com temperatura inferior. Assim, a troca gasosa com o ambiente externo proporciona a substituição do ar presente entre a camada de revestimento e o substrato. Além disso, devido ao afastamento entre a camada de revestimento e a estrutura, proporciona proteção contra raios solares, resultando na diminuição do consumo energético para climatização dos ambientes.

O sistema de fachada ventilada pode ser empregado em obras novas e em reformas. Sendo uma fachada versátil, permite a aplicação de diversificados materiais na sua composição. O processo executivo é considerado rápido, uma vez que os revestimentos cerâmicos e as ancoragens metálicas são materiais pré-fabricados.

Apesar de ser um sistema bastante utilizado e difundido no exterior, ainda é considerado como algo inovador no território nacional. Tal desconhecimento, por uma grande parte dos construtores, ocorre devido principalmente a ausência de informações acerca de suas vantagens, materiais, técnicas, custo e produtividade.

Desta forma, ainda por ser o começo da sua popularização, ganha grandes oportunidades para investimentos pela alta variedade de produtos existentes no mercado. Para que esse conhecimento seja acessível para o setor da construção, aumentando a concorrência e gerando oportunidades para novos negócios, são necessários mais trabalhos focados na popularização desse sistema.

O estudo se delimitará por uma análise feita em uma obra de edificação residencial na cidade de Fortaleza, onde será executado o sistema de fachada ventilada. Com base em critérios qualitativos, buscará classificar o sistema de fachada empregado, conforme abordado no trabalho.

Este trabalho terá como estrutura a subdivisão em cinco capítulos, incluindo esta introdução, onde serão apresentados o objetivo geral e objetivos específicos do estudo. No capítulo dois, serão apresentadas as referências bibliográficas sobre os tipos de fachadas, quando serão expostos os conceitos, características, funções da fachada ventilada, como também versará sobre a utilização e uso em outros Estados do Brasil e do Mundo.

No capítulo 3, será apresentada a metodologia aplicada no estudo. Inicialmente é descrito o tipo de pesquisa realizada, apresentando as ferramentas utilizadas e métodos para a realização da coleta de dados. Após, tem-se o delineamento, que explica como será feita a coleta de dados da pesquisa.

No capítulo 4, apresentam-se os resultados e as discussões. Na sequência, são propostos os critérios para classificação dos sistemas de fachada ventilada com base em sua tipologia e critérios de qualidade. E por último, no capítulo 5, apresentam-se as conclusões e considerações finais.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 *Objetivo Geral***

Apresentar critérios de classificação para os diferentes tipos de sistema de fachada ventilada empregados no Brasil e no Mundo.

### **1.1.2 *Objetivos Específicos***

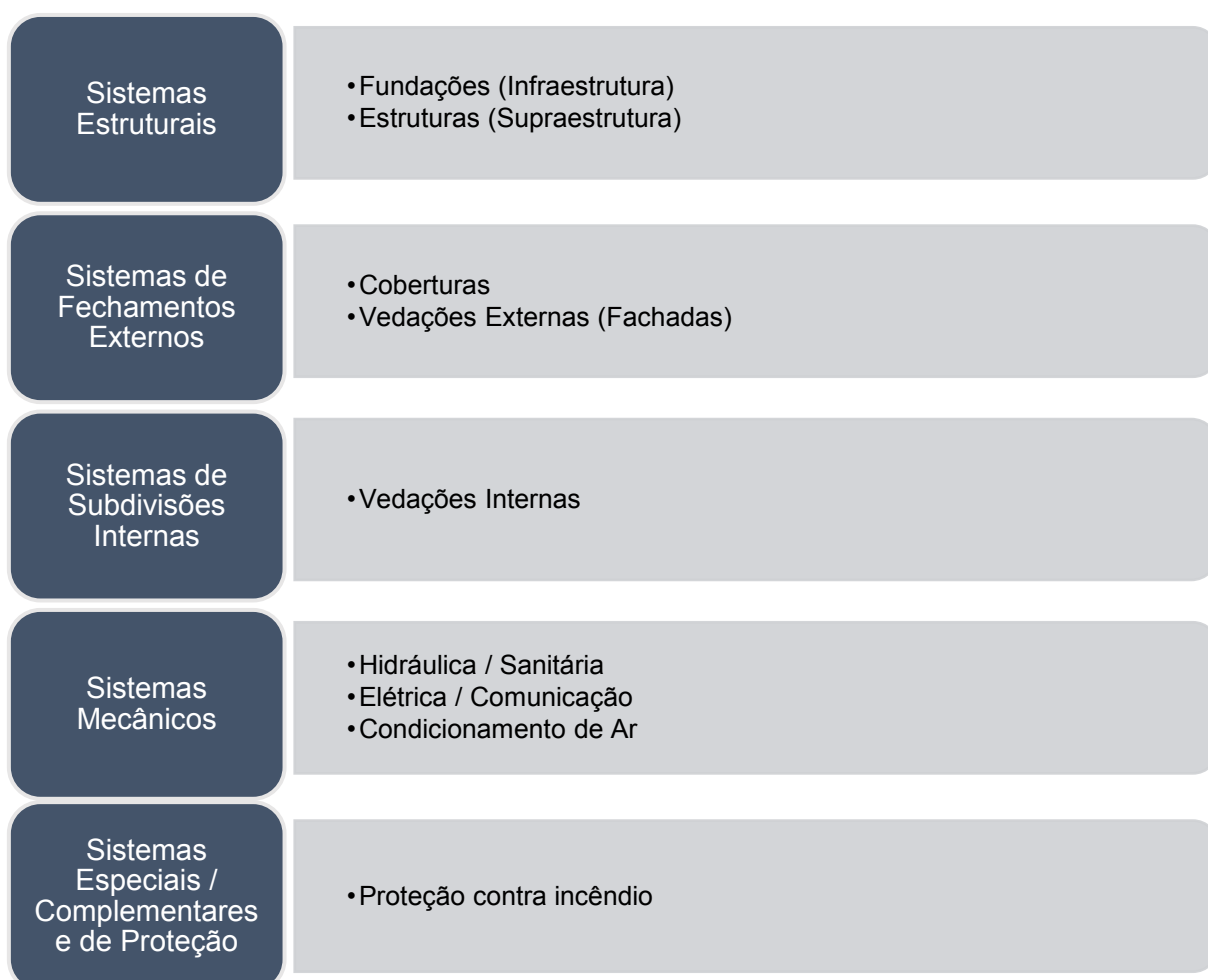
- a) Verificar por meio de revisão de bibliografia, os materiais empregados e o processo executivo de fachada ventilada;
- b) Identificar vantagens e desvantagens do uso do sistema de fachada ventilada.
- c) Analisar quanto à qualidade e tipologia o sistema de fachada ventilada e elaborar critérios de classificação e subdivisão.
- d) Classificar um modelo de sistema de fachada ventilada por meio de um estudo de caso;



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Ching et al (2010), as edificações são construções relativamente permanentes, construídas sobre um terreno com fins habitáveis. Do ponto de vista construtivo, podemos compreender as edificações a partir de um sistema definido como um conjunto de partes inter-relacionadas ou interdependentes que formam um todo mais complexo e unificado. Logo, as edificações podem ser vistas como uma materialização de vários sistemas e subsistemas que precisam estar relacionados, coordenados e integrados entre si. Desta forma, as edificações como sistema construtivo, podem ser divididas em subsistemas secundários. A Figura 1, apresenta um exemplo simplificado de sistemas e subsistemas em uma edificação.

Figura 1 - Subsistemas em uma edificação.



Fonte: autoria própria.

Dentre os subsistemas apresentados, destacamos o sistema de fechamentos externos, em específico as vedações externas (fachadas) como objeto de estudo. Segundo Siqueira Jr (2003), as fachadas juntamente com a cobertura constituem o invólucro da edificação. São responsáveis por manter as condições ambientais internas da edificação, estabelecendo uma barreira entre ambiente interno e externo, separando duas diferentes condições climáticas e higrotérmicas. Dessa forma, fachada e cobertura são responsáveis pelo conforto termoacústico da edificação, pelo controle da insolação e manutenção da segurança e privacidade dos usuários. Além disso, definem a paisagem arquitetônica e o cenário urbano. Para Siqueira Jr (2003), o involucro deve atender requisitos mínimos funcionais de resistência mecânica, estanqueidade, conforto acústico, desempenho estrutural, controle de iluminação, padrões estéticos, segurança ao fogo e durabilidade.

Sabbatini (1997) destaca que as vedações externas podem ser divididas e classificadas de acordo com a técnica de execução, a estruturação e a densidade. De acordo com a execução, as vedações podem ser classificadas por conformação, por acoplamento úmido e por acoplamento seco. No primeiro caso, faz-se necessária a utilização de materiais plásticos obtidos pela adição de água, cujos elementos pré-moldados são unidos com o auxílio de argamassa ou concreto. As vedações executadas com dispositivos mecânicos de fixação e suporte, são classificadas como executadas por acoplamento a seco.

Quanto à estruturação, as vedações externas podem ser divididas em auto-suportante, quando não há necessidade de utilizar estrutura de suporte dos componentes da vedação, e estruturadas, quando é necessário estrutura auxiliar reticular para suporte e fixação dos componentes de vedação. Com base na densidade, expressa pela relação entre a massa e área que ocupa, classificam-se em leves ou pesadas, cujo limite entre as classificações é de 100 kg/m<sup>2</sup>.

Com base na classificação sugerida por Sabbatini (1997), os revestimentos externos, podem ser categorizados a partir do uso ou não de revestimento cerâmico com acabamento final da superfície.

Em seu trabalho, *Tecnologia e Projeto de Revestimentos Cerâmicos de Fachadas de Edifícios*, Medeiros e Sabbatini (1999) segmentam os revestimentos cerâmicos empregados em fachadas a partir de sua fixação a base e substrato. No caso de revestimentos fixados completamente sobre bases e substratos, dá-se o nome de aderidos. No momento em que possuem camadas com função de

isolamento térmico, acústico e de impermeabilização, não permitindo a continuidade entre camadas, são chamados de não aderidos.

Em relação às fachadas e seus acabamentos, Silva (2015) revela que devido a condições climáticas favoráveis, tradicionalmente no Brasil são utilizados nas fachadas revestimentos de argamassa com acabamento cerâmicos. Tais revestimentos, além de atender aos requisitos mínimos de desempenho e durabilidade, buscam proteger a edificação contra agentes que causam deterioração, agregando valor e qualidade para a edificação.

Apesar da popularização do emprego do revestimento cerâmico, segundo Medeiros e Sabbatini (1999), as tecnologias de produção de fachadas carecem de melhorias e evolução tecnológica. Tal fato se torna evidente com a grande quantidade de defeitos patológicos. Tais patologias se manifestam na forma de fissuras e perda de aderência devido às excessivas deformações e falhas na execução das camadas de revestimento. Com os descolamentos, surgem os riscos de acidentes envolvidos com queda total ou parcial dos elementos.

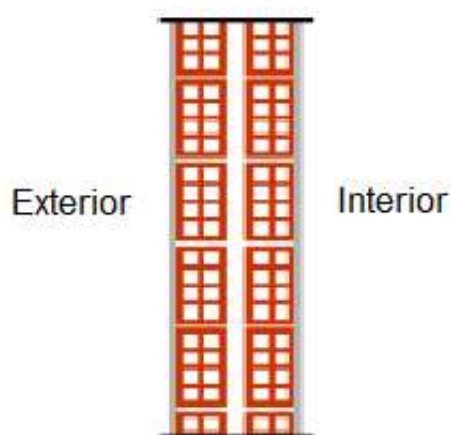
Segundo Carneiro (2015), a fim de atender a demanda crescente por novos sistemas construtivos e de revestimento, surgiram no país, novas empresas e fabricantes com soluções tecnológicas utilizadas em muitos países europeus, mas até então, pouco conhecidos e adotados no Brasil. O sistema de fachada ventilada ou não aderida, caracteriza-se por se tratar de um sistema onde o revestimento fica separado do substrato através de uma câmara de ar ventilada, proporcionando conforto térmico e eficiência energética, dispensando ou diminuindo o uso de refrigeração ou calefação.

## **2.1 Sistema de Fachada Ventilada**

Segundo Sousa (2009), as fachadas ventiladas surgiram na Europa a partir da necessidade de evolução e busca de soluções para melhoria do isolamento térmico das edificações. A princípio as vedações externas eram compostas de pedra, tijolo maciço ou perfurado, material acessível e abundante em diversas regiões. Com a utilização do concreto armado, as paredes exteriores assumiram a função exclusiva de separação entre o ambiente externo e o interior da edificação. Além da evolução do sistema, aumentaram as exigências dos habitantes que requisitaram melhorias no conforto interno e redução dos custos de construção.

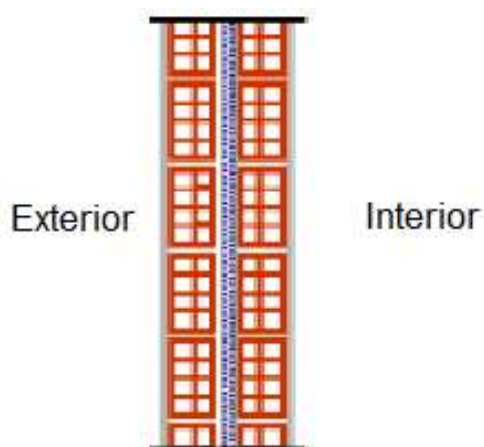
Entre as soluções desenvolvidas, o uso de paredes duplas e a introdução de materiais de isolamento térmico passaram a ser empregadas nas edificações, a fim de diminuir a condutibilidade térmica e propiciar um reforço no isolamento térmico das paredes, conforme apresentado nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Vedação Externa - Parede Dupla sem isolamento térmico.



Fonte: Sousa (2009).

Figura 3 - Vedação Externa - Parede Dupla com isolamento térmico.

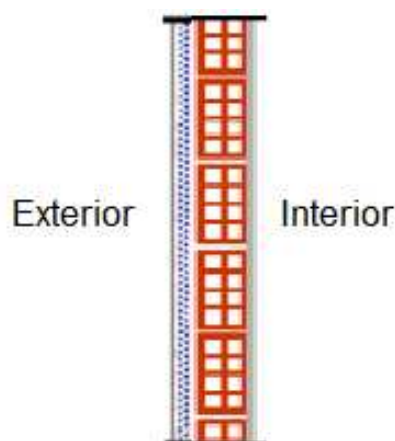


Fonte: Adaptado de Sousa (2009).

Entretanto, tais soluções apresentaram deficiências de resistência mecânica, sendo necessária a adoção de modelos estruturais específicos, que permitissem sua utilização. Desta forma, optou-se pelo reforço do isolamento térmico pelo exterior, conforme apresentado na Figura 4. Esta opção permitiu a manutenção

dos sistemas estruturais simplificados além de possibilitar entre as diversas vantagens a eliminação significativa das trocas térmicas, aumento da durabilidade das fachadas, aumento da inércia térmica, não reduzir o espaço interno e possibilidade de retrofit em edificações antigas e habitadas.

Figura 4 - Vedação Externa - Parede Singela com isolamento externo.

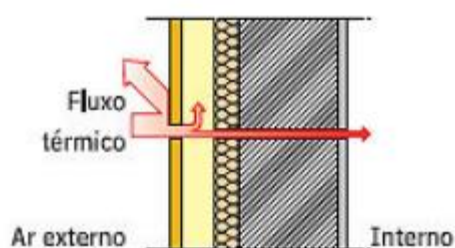


Fonte: Autoria própria.

Para Sousa (2009), a solução de fachada ventilada atende aos critérios de desempenho e propicia a utilização de variadas soluções de acabamento, aumentando a qualidade do ponto de vista estético.

Segundo Muller (2005), o sistema de fachada ventilada se caracteriza pela existência de ventilação em uma câmara de ar. As diferenças de pressões devido à ação do vento e o ar aquecido no interior da câmara de ar, origina um fluxo ascendente propiciando a ventilação da câmara e remoção do ar aquecido na zona superior da caixa de ar. Tal fenômeno, representado na Figura 5, é chamado de efeito chaminé.

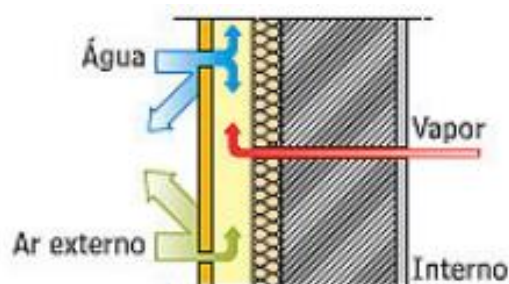
Figura 5 - Fluxo de Calor.



Fonte: Revista Técnica (2010).

Sousa (2009) esclarece que pequenas quantidades de água infiltradas ou condensadas no interior da caixa de ar, são evaporadas pela ventilação. Na Figura 6, observa-se que a caixa de ar é responsável pelo desempenho hidrotérmico do sistema através da interrupção da capilaridade, drenagem por gravidade e remoção da umidade, através do fluxo constante de ar.

Figura 6 - Fluxo de água e umidade.

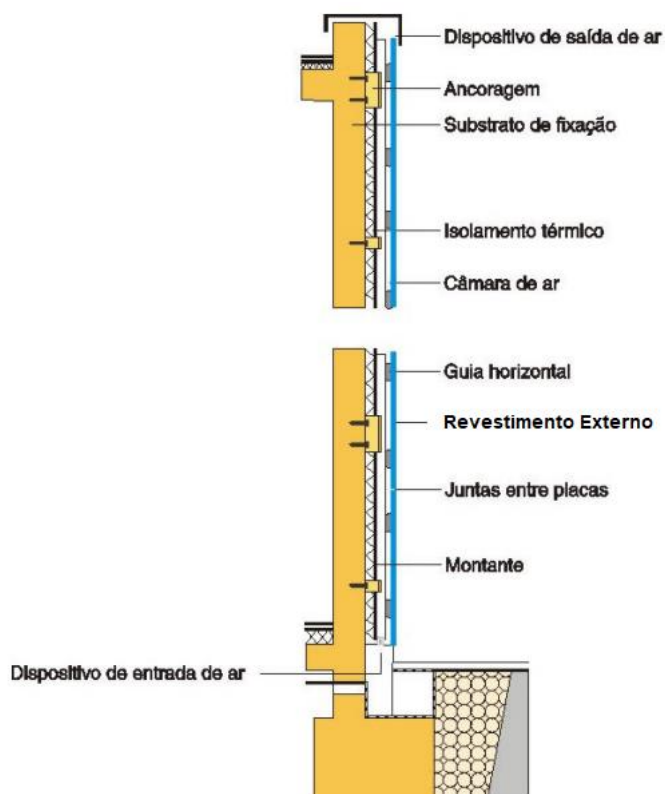


Fonte: Revista Técnica (2010).

### 2.1.1 Componentes

Siqueira Junior (2003), define o sistema de fachada ventilada como composto por placas ou painéis fixados externamente ao edifício por uma subestrutura auxiliar ou diretamente sobre o substrato. Desta forma, podemos dividir os elementos constituintes do sistema de fachada ventilada em chumbadores, ancoragem, estrutura de fixação, isolante térmico e revestimento. Na Figura 7, está representada em perfil o sistema de fachada ventilada. Com o intuito de descrever os componentes e os tipos de materiais empregados no sistema de fachada ventilada, serão apresentados nos subitens abaixo os materiais, suas características e principais funcionalidades.

Figura 7 - Perfil - Sistema de fachada ventilada.



Fonte: Siqueira Jr (2003).

### 2.1.1.1 Chumbadores

De acordo com a definição de Siqueira Jr (2003), os chumbadores são elementos de ligação entre o sistema de fachada ventilada e a edificação. Os chumbadores são elementos capazes de suportar as cargas impostas e ancorar a estrutura de fixação da fachada à superestrutura ou ao substrato, desde que previamente tratado. Esses elementos podem ser mecânicos ou químicos.

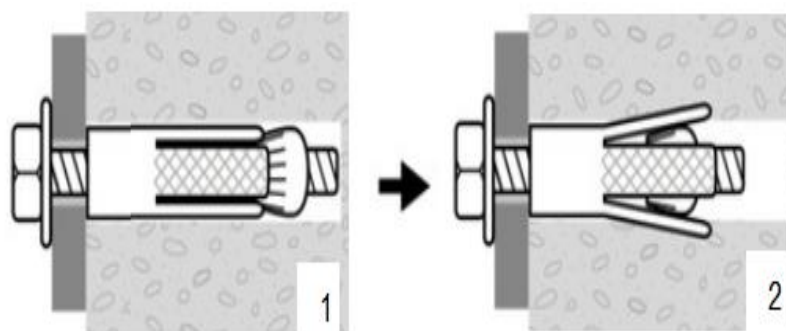
Segundo Fernandes (2019), os chumbadores mecânicos são elementos versáteis e utilizados em diversos tipos de obras. Propiciam segurança e rapidez na ancoragem e montagem sendo capazes de suportar cargas elevadas. Podem ser divididos em expansivos ou não expansivos. Os chumbadores mecânicos expansivos compostos por parafuso, porca, arruela, jaqueta e cunha, são representados na Figura 8. Apresentam expansão controlada pelo torque a depender do aperto empregado pela porca durante a instalação. O processo de fixação do chumbador mecânico é representado na Figura 9.

Figura 8 - Chumbador Mecânico - Componentes.



Fonte: Autoria própria.

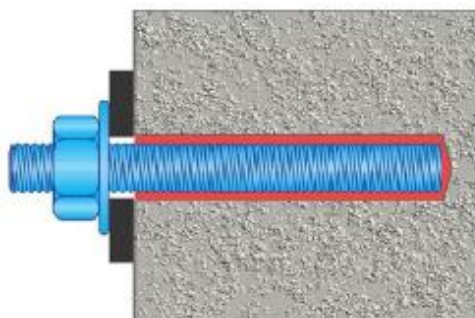
Figura 9 - Chumbador Mecânico – Fixação.



Fonte: Autoria própria.

Indufix (2017) define os chumbadores químicos como compostos químicos formados por resinas epóxis e resinas vinil éster. Apresentam alto poder de adesão. São aplicados entre a parede do furo e a barra rosca do chumbador e endurecem através de reação química, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Chumbador Químico



Fonte: Autoria própria.



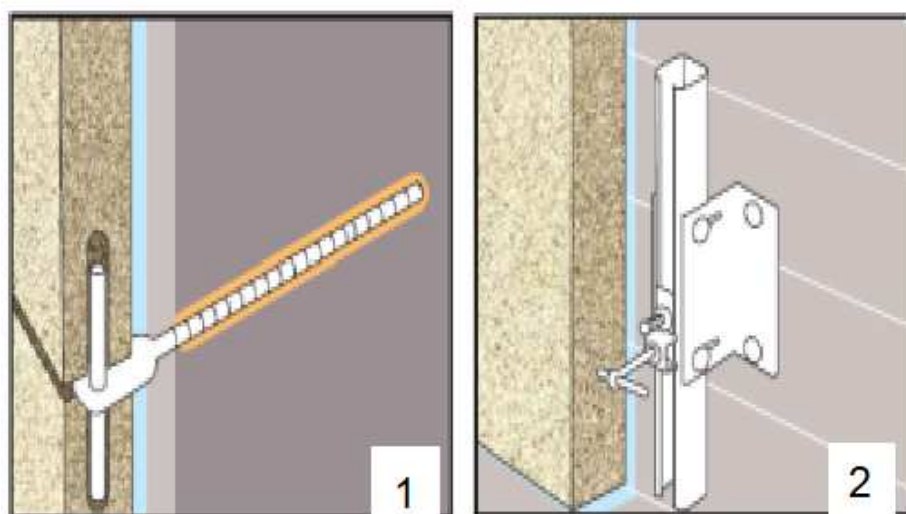
### 2.1.1.2 Ancoragem

Segundo Sousa (2010), a fixação dos revestimentos nas fachadas ventiladas pode ser realizada diretamente sobre o substrato ou através de estrutura auxiliar que pode conter elementos verticais, horizontais ou ambos. Para os revestimentos aplicados diretamente no substrato, aplica-se ancoragem por cavilhas, discos ou no tardez.

#### Ancoragem por cavilhas

Do tipo pontual e empregado em fachadas leves, Causse (2014) define uma cavilha como análoga a um prego, onde o suporte é dado pela resistência transversal ao corte. A depender da direção das juntas, as cavilhas devem suportar os esforços horizontais, verticais e o peso próprio do revestimento. Como citado anteriormente, esse modelo de ancoragem é menos oneroso por não necessitar de estrutura intermediária. Entretanto, a quantidade elevada de fixações ancoradas diretamente no substrato compromete a produtividade. Abaixo, é representado na Figura 11, as ancoragens por cavilha em juntas horizontais e verticais, respectivamente.

Figura 11 - Ancoragem por cavilha. (1. Junta horizontal / 2. Junta Vertical).

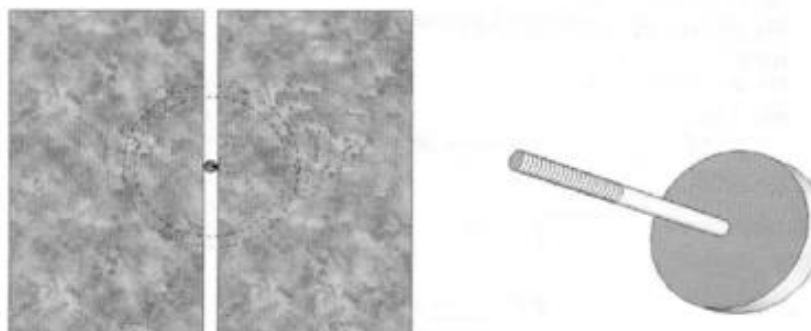


Fonte: Sousa (2009).

## Ancoragem por discos

Ainda segundo Caus (2014), as ancoragens por discos são aplicadas em revestimentos com elevado peso e resistentes aos esforços de vento e sismos, as ancoragens por discos são semelhantes a solução por cavilhas e são ilustradas na Figura 12.

Figura 12 - Ancoragem por discos.

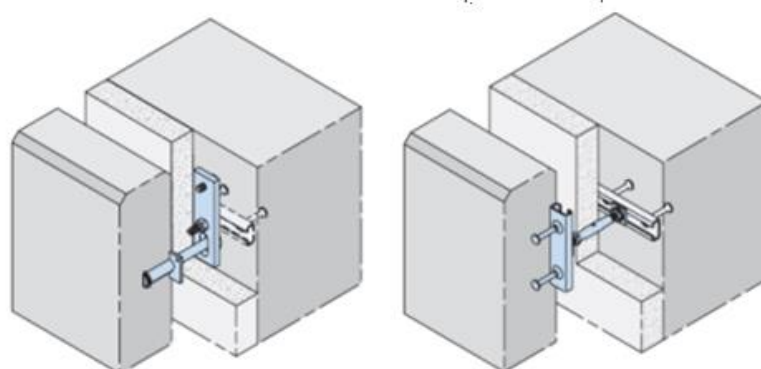


Fonte: Sousa (2009).

## Ancoragem no tardez

Caus (2014) cita que neste tipo de ancoragem, representado na Figura 13, os fixadores ajustáveis atuam com pressão radial sobre as furações, amarrando as placas de revestimento de forma eficaz. Esse modelo de ancoragem, segundo Sousa (2009) pode ser aplicado em revestimentos leves ou pesados, levando-se em consideração a utilização de fixador adequado que corresponda as ações horizontais que o revestimento estará sujeito.

Figura 13 - Ancoragem no tardez.

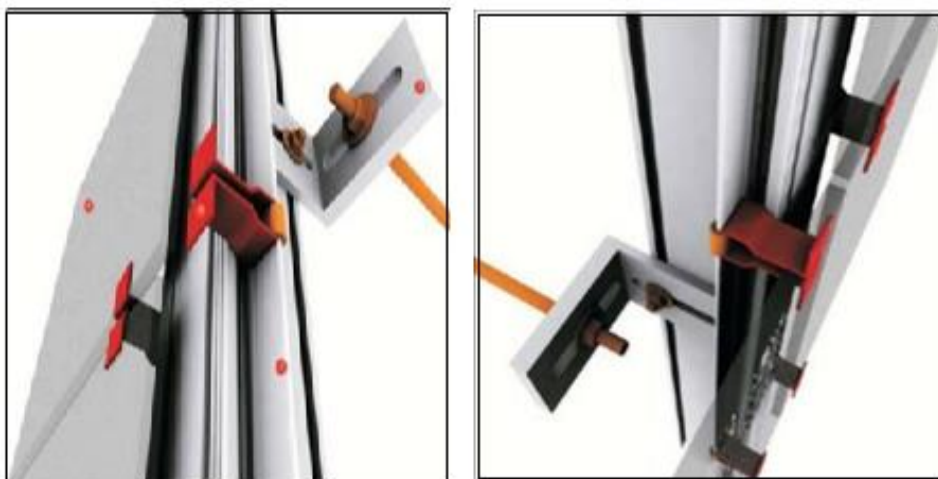


Fonte: Sousa (2009).

## Fixação por grampos

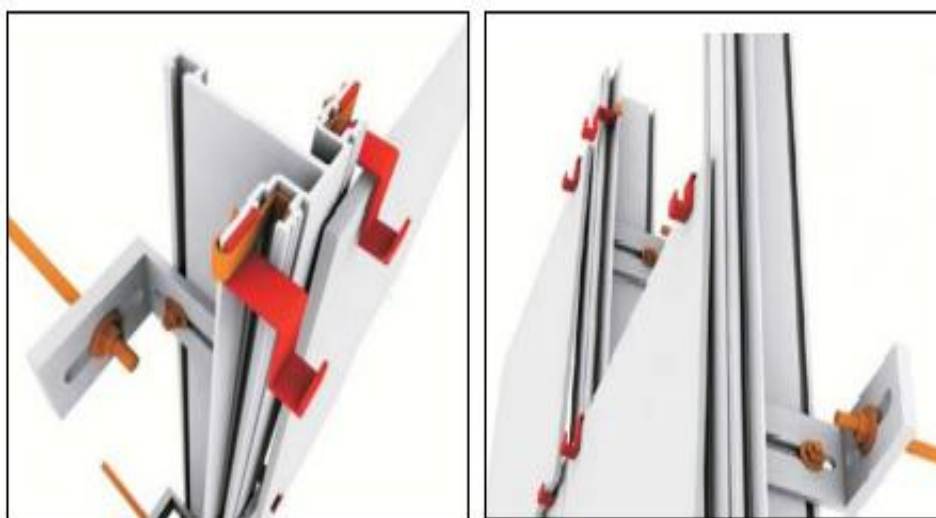
Os grampos, também conhecidos por *inserts*, são elementos metálicos fixados ao revestimento e que devem suportar o peso próprio do revestimento, fixando-os à estrutura intermediária. Caus (2014) esclarece que esse tipo de ancoragem pode ser aplicado à vista ou sobreposto, conforme ilustrado respectivamente nas Figuras 14 e 15. Além disso, são indicados para revestimentos leves ou pesado, independente da espessura.

Figura 14- Fixação por grampos – à vista.



Fonte: Construlink (2006).

Figura 15 - Fixação por grampos - Sobreposta.



Fonte: Construlink (2006).

## Fixação linear por encaixe

Causs (2014) cita similaridade entre a fixação linear por encaixe com o modelo por grampos. Nesse modelo, representado na Figura 16, a fixação é contínua em todo o comprimento do revestimento. Preferencialmente, é aplicado sobre estrutura intermediária. Aplicado em revestimentos pesados e com espessura superior a 20mm, as peças de revestimento são fixas nas bordas inferior e superior por perfil horizontal, que é preso à estrutura intermediária.

Figura 16 - Ancoragem Linear.



Fonte: Construlink (2006).

## Estrutura Intermediária de Fixação

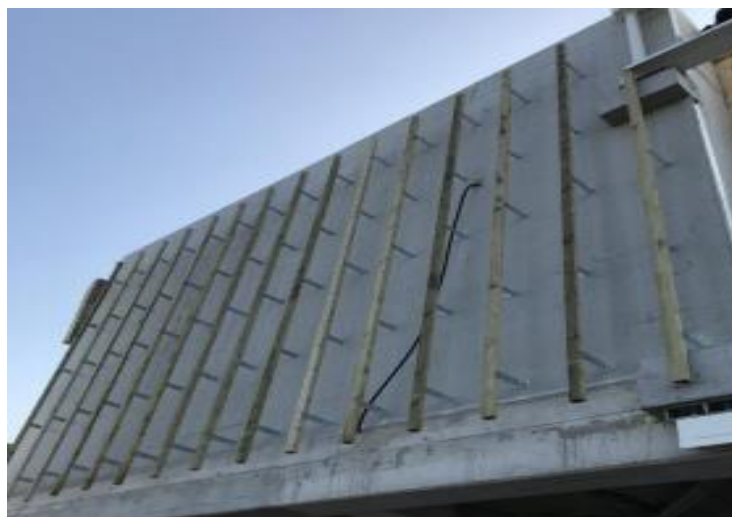
A estrutura intermediária da fachada ventilada, segundo Blazius (2019), pode ser confeccionada em aço galvanizado, aço inoxidável, madeira ou alumínio, de acordo com as características e tipo de fixação do revestimento externo.

## Estrutura em perfis de madeira

Blazius (2019) esclarece que os perfis em madeira são utilizados na Europa devida sua leveza e preço. Esse modelo de estrutura intermediária, ilustrado na Figura 17, foi um dos primeiros a ser desenvolvido. Com perfis verticais

igualmente espaçados, servem de suporte para revestimento externo em fibrocimento com fixação aparente direta sobre o perfil de madeira. A estrutura em madeira requer tratamentos especiais contra insetos e umidade, a fim de evitar o apodrecimento da peça e maximizar a vida útil.

Figura 17 - Estrutura intermediária em madeira.

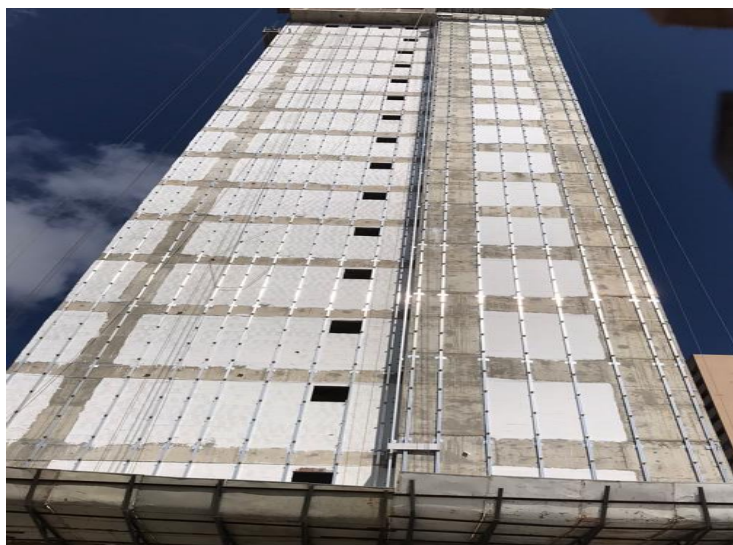


Fonte Blazius (2019).

### Estrutura em perfis metálicos

Para Blazius (2019) a estrutura em perfis metálicos apresenta características estáveis, homogêneas e sólidas. Os perfis metálicos são os mais empregados para montagem das fachadas ventiladas. Em especial, temos os perfis de alumínio devido a sua resistência à água, à umidade e baixo peso, lhe confere durabilidade superior aos outros perfis metálicos. Na Figura 18, apresenta-se um exemplo de estrutura intermediária em alumínio de uma obra acompanhada pelo autor da pesquisa.

Figura 18 - Estrutura intermediária em alumínio.



Fonte: Autoria própria.

### 2.1.1.3 Isolante Térmico

Os isolantes térmicos são materiais de baixo coeficiente de condutividade, normalmente porosos cuja elevada resistência térmica baseia-se na baixa condutibilidade do ar contido em seus vazios. Ou seja, quanto menor a densidade do material e conseqüentemente maior o número de poros, maior sua eficiência em isolamento. Em uma edificação, ao diminuir o fluxo de calor, o isolante térmico reduz a perda de calor no inverno promovendo economia nos custos de aquecimento. Durante o verão, reduz o ganho de calor, resultando em custos menores devido ao uso do ar condicionado. Desta forma, o isolamento térmico está diretamente relacionado em prover proteção para o ambiente e reduzir o consumo energético.

Segundo Siqueira Jr. (2003), um material isolante térmico deve apresentar as seguintes propriedades:

- Baixa condutibilidade térmica;
- Boa resistência mecânica;
- Ser incombustível;
- Ser imputrescível e resistente a pragas;
- Ser higroscópico e apresentar baixa permeabilidade ao vapor d'água.

Para Dutra (2010), a utilização de isolante térmico no interior da câmara de ar é facultativa e deve ser especificado pelo projetista avaliando a necessidade de acordo com o clima e características do elemento de vedação. Caso seja

necessário, o isolamento pode ser aplicado diretamente sobre as paredes ou aderido à lâmina interna do revestimento. Abaixo são apresentadas soluções de isolamento térmico e suas características.

- Lã Mineral

Dutra (2010) esclarece que a lã mineral é produzida a base de rocha liquefeita, apresentando eficácia no isolamento térmico e acústico, além de não ser inflamável. Deformável, a lã mineral é facilmente moldada, conforme ilustrado na Figura 19. Tais propriedades lhe asseguram tranquilidade durante a montagem, aplicação e vida útil. Na Tabela 1, são apresentadas as características e propriedades físicas da lã mineral.

Tabela 1 - Lã mineral

Condutibilidade térmica	0,035 / 0,040 W/mk
Massa volumétrica	15 – 200 kg/m <sup>3</sup>
Limite máximo de temperatura em uso	100 – 200°C
Coeficiente de dilatação térmica	0.0 / 0.7 mm/m

Fonte: Dutra (2010).

Figura 19 - Aplicação de Lã Mineral.



Fonte: ISAR (2019).

- Espuma de Vidro

Connor (2019) caracteriza a espuma de vidro por possuir estrutura celular, sendo obtido através da expansão do vidro a altas temperaturas, podendo aumentar em até 18 vezes seu volume. Na Figura 20, é ilustrada a espuma de vidro utilizada como isolante. Material impermeável, pode ser utilizado com barreira contra umidade e isolante térmico. É um material não combustível e estável com o tempo. Na Tabela 2, são apresentadas suas características e propriedades.

Tabela 2 - Espuma de Vidro.

Condutibilidade térmica	0,040 / 0,055 W/mk
Massa volumétrica	105 – 165 kg/m <sup>3</sup>
Limite máximo de temperatura em uso	430°C
Coefficiente de dilatação térmica	0,85 mm/m
Resistência à compressão	0,50 / 1,70 N/mm <sup>2</sup>

Fonte: Dutra (2010).

Figura 20 - Espuma de Vidro.



Fonte: Connor (2019).

- Poliuretano

Segundo Dutra (2010), o poliuretano é um polímero que forma um material sólido com textura semelhante a uma espuma. Além das características



físicas expostas na Tabela 3, assegura a facilidade de instalação, baixa condutibilidade térmica, facilidade de limpeza, insensibilidade à água, imputrescibilidade e evita condensações.

Tabela 3 - Poliuretano.

Condutibilidade térmica	0,025 / 0,040 W/mk
Massa volumétrica	30 – 100 kg/m <sup>3</sup>
Limite máximo de temperatura em uso	90°C
Coefficiente de dilatação térmica	5,0 / 8,0 mm/m
Resistência à compressão	0,10 / 0,90 N/mm <sup>2</sup>

Fonte: Dutra (2010).

- Poliuretano Projetado

Ainda de acordo com Dutra (2010), o poliuretano projetado ou spray *foam*, é formado pela reação química entre o polioliol e o isocianato, expandindo e endurecendo em contato com o ar. Pode ser aderido aos mais diversos tipos de substrato, conforme exemplificado na Figura 21. Atua como barreira impedindo a entrada ou saída de calor, estabilizando a temperatura interna e propiciando conforto térmico. Além disso, atua com agente impermeabilizante à umidade e retardador de chamas. Pode ser cortado e lixado a fim de receber vários tipos de acabamento. Na Tabela 4, são demonstradas as características físicas do poliuretano projetado.

Tabela 4 - Poliuretano Projetado.

Condutibilidade térmica	0,016 / 0,20 W/mk
Massa volumétrica	25 – 60 kg/m <sup>3</sup>
Limite máximo de temperatura em uso	110°C
Resistência ao fogo	M4
Resistência à compressão	0,18 / 0,35 N/mm <sup>2</sup>

Fonte: Dutra (2010).

Figura 21 - Poliuretano projetado - Aplicação



Fonte: AKFIX (2020).

- Poliestireno Expandido

Segundo Dutra (2010), o poliestireno expandido (EPS) é um dos isolantes térmicos disponíveis mais utilizados. Na Tabela 5, são reveladas as características físicas do material. O isolante possui como principais vantagens a baixa condutibilidade térmica, leveza, fácil manuseio, resistência ao envelhecimento, higiênico e inócuo. Na Figura 22, é ilustrado a aplicação do poliestireno expandido em fachada. Goetgheluck (2011), orienta que a fixação do revestimento ao substrato deve ser realizada por meio de rosetas de fixação, pois devido sua leveza, pode se desprender causando diferenças de pressão no interior da fachada e comprometendo sua eficiência.

Tabela 5 - Poliestireno Expandido.

Condutibilidade térmica	0,035 / 0,040 W/mk
Massa volumétrica	25 – 45 kg/m <sup>3</sup>
Limite máximo de temperatura em uso	85°C
Resistência à compressão	0,20 / 0,70 N/mm <sup>2</sup>

Fonte: Dutra (2010).

Figura 22 - Poliestireno expandido - Aplicação



Fonte: PLASTTOTAL (2019).

- Poliestireno Extrudido

Segundo AIPEX (2019), o poliestireno extrudido (XPS) é composto por uma estrutura molecular fechada e homogênea que forma uma espuma rígida, conforme ilustrado na Figura 23. Apresenta excelente desempenho térmico, acústico e elevada durabilidade. Para Dutra (2010), além das características evidenciadas anteriormente e físicas expressas na Tabela 6, o XPS apresenta insensibilidade à água, grande resistência à passagem de vapor, elevada resistência à compressão, imputrescibilidade e facilidade de instalação.

Tabela 6 - Poliestireno Extrudido.

Condutibilidade térmica	0,035 / 0,040 W/mk
Massa volumétrica	25 – 45 kg/m <sup>3</sup>
Limite máximo de temperatura em uso	90°C
Coefficiente de dilatação térmica	5,0 / 8,0 mm/m
Resistência à compressão	0,10 / 0,90 N/mm <sup>2</sup>

Fonte: Dutra (2010).

Figura 23 - Poliestireno Extrudido - Aplicação



Fonte: AIPEX (2019).

- Cortiça

Connor (2019) define a cortiça como material natural de origem vegetal extraída da casca dos sobreiros, árvore da família do carvalho. Leve, apresenta grande poder isolante térmico e acústico. Reciclável e durável, revela estabilidade dimensional mesmo quando sujeito a elevadas variações térmicas. Na Figura 24, é ilustrada a aplicação da cortiça como isolante de vedação, e suas características físicas são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Cortiça.

Condutibilidade térmica	0,043 W/mk
Massa volumétrica	100 – 150 kg/m <sup>3</sup>
Resistência a umidade	Permeável, retém umidade.
Resistência a agentes biológicos	Atacada por roedores
Matéria Prima	100% renovável

Fonte: Dutra (2010).

Figura 24 - Cortiça - Aplicação.



#### 2.1.1.4 Revestimento

Para Ribeiro (2006), os revestimentos possuem a função de proteger os elementos de vedação e estrutura da edificação contra a ação direta de agentes agressivos, proporcionando durabilidade ao sistema. Eles auxiliam na função de vedação, provendo estanqueidade ao ar, água, proteção termo acústica e segurança. Além disso, é função dos revestimentos as características estéticas da vedação e do edifício, estabelecendo o valor econômico e padrão.

- Pedra Natural

Para Dutra (2010), as pedras naturais são uma solução versátil e que oferecem vantagens tanto do ponto de vista estético, como do ponto de vista da valorização do patrimônio, além de apresentar elevada durabilidade e resistência. Podem ser aplicados com acabamento polido, flameado, serrado ou apicoado. Na Figura 25, é demonstrado um exemplo de revestimento pétreo em fachada.

Ainda segundo Dutra (2010), os materiais pétreos apresentam comportamentos distintos quando expostos à água. Parte deles apresenta como característica, absorção rápida da água por capilaridade e eliminação lentamente por evaporação. A presença da água no interior das placas de pedras, podem propiciar alteração na forma e conseqüentemente, mudanças na textura. A dissolução de sais no interior das pedras, transporte e cristalização dos sais na superfície, originam patologias no revestimento, na forma de eflorescências. Além disso, a poluição atmosférica pode provocar alterações na textura e cor das pedras.

Figura 25 – Revestimento externo em pedra



Fonte: Pespa Group (2019).

Dutra (2010) recomenda a utilização de pedras naturais com baixa absorção de água e resistentes à ação de agentes erosivos do meio ambiente. Para mais, alerta para a necessidade de especificar em projeto a qualidade do material, definição petrológica, categoria comercial, taxa de porosidade, coeficiente de dilatação térmica, módulo de flexão e elasticidade. Na Tabela 8 são apresentadas características físicas para diferentes tipos de placas de pedra natural.

Tabela 8 - Características das pedras naturais.

<b>Tipos</b>	<b>Densidade Aparente (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Absorção de água à pressão atmosférica (% de peso)</b>	<b>Porosidade aberta (% do volume)</b>	<b>Resistência à compressão (Kg/m<sup>2</sup>)</b>
Granitos	2600 a 2800	0,2 a 0,5	0,4 a 1,5	1150 a 2400
Basaltos	2900 a 3100	0,1 a 0,3	0,2 a 0,8	1700 a 3500
Mármore	2600 a 2900	0,2 a 0,8	0,3 a 1,8	600 a 1800
Calcários	2200 a 2700	0,1 a 1,5	0,3 a 2,5	400 a 1800
Arenitos	1900 a 2600	0,6 a 13,8	1,6 a 6,0	200 a 1000
Xistos	2600 a 2800	0,4 a 1,5	1,2 a 3,5	300 a 650

Fonte: Dutra (2010).

- Cerâmica

. Segundo Dutra (2010), as placas cerâmicas podem ser produzidas a partir de matérias-primas naturais ou sintéticas. Para as fabricadas a partir de matérias-primas naturais ou pouco beneficiadas, a conformação é realizada através de processos de prensagem, extrusão, torneamento ou colagem. O material é exposto a queima como processo de tratamento térmico, objetivando a densificação e aumento de resistência. Já as cerâmicas de origem sintética, apresentam elevado grau de pureza, geralmente superior a 98%. Moldagem à injeção, prensagem isostática quente ou colagem de fitas são exemplos de processos para conformação. A sinterização é realizada de forma controlada, alterando a microestrutura do material, conferindo-lhe uma estrutura cristalina e proporcionando a obtenção de produtos isentos de defeitos. Após esse processo, a fim de decorar ou variar sua textura, é realizada a esmaltação da superfície. Essa etapa, contribui para a definição estética do revestimento e proporciona elevado valor agregado.

Os revestimentos cerâmicos podem ser classificados de acordo com as características estéticas e técnicas, segundo especificações normativas. A NBR ISO 13006 : 2020 – Placas cerâmicas – Definições, classificação, características e marcação (2020), classifica as placas cerâmicas quanto à absorção de água e conformação. Na Tabela 9, são apresentados os valores de referência para a absorção de água.

Tabela 9 - Classificação das placas cerâmicas quanto à absorção de água e conformação.

	<b>Grupo I</b>	<b>Grupo II<sub>a</sub></b>	<b>Grupo II<sub>b</sub></b>	<b>Grupo III</b>
<b>Conformação</b>	<b>Baixa</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Alta</b>
	<b>Absorção</b>	<b>Absorção</b>	<b>Absorção</b>	<b>Absorção</b>
Extrudada	Grupo AI <sub>a</sub> $E_v \leq 0,5\%$	Grupo AII <sub>a</sub> $3\% < E_v < 6\%$	Grupo AII <sub>b</sub> $6\% < E_v < 10\%$	Grupo AIII $E_v \geq 10\%$
	Grupo AI <sub>b</sub> $0,5\% < E_v < 3\%$			

Prensada a seco	Grupo BI <sub>a</sub>	Grupo BII <sub>a</sub>	Grupo BII <sub>b</sub>	Grupo BIII
	$E_v \leq 0,5\%$			
	Grupo BI <sub>b</sub>	$3\% < E_v < 6\%$	$6\% < E_v < 10\%$	$E_v \geq 10\%$
	$0,5\% < E_v < 3\%$			

Fonte: Adaptado da NBR 13006 (2020).

A partir da classificação quanto à absorção de água, Hotza e Oliveira (2015), apresentam a classificação dos revestimentos cerâmicos de acordo com a conformação segundo a absorção de água e resistência a ruptura por flexão. Na Tabelas 10 e 11, é apresentada a classificação para placas prensadas e extrudadas. Na Figura 26 é apresentada uma imagem de fachada ventilada com revestimento cerâmico na cidade de Fortaleza/CE.

Tabela 10 - Classificação dos revestimentos cerâmicos prensados segundo a absorção de água e resistência a ruptura por flexão.

Produto	Grupo de absorção de água	Absorção de água AA(%)	Módulo de resistência a flexão (Mpa)	Carga de ruptura (N) para espessura $\leq 7,5\text{mm}$
Porcelanato	BI <sub>a</sub>	0 a 0,5	$\geq 35$	$\geq 1300$
Grés	BI <sub>b</sub>	0,5 a 3	$\geq 30$	$\geq 1100$
Semigrés	BII <sub>a</sub>	3 a 6	$\geq 22$	$\geq 1000$
Semiporoso	BII <sub>b</sub>	6 a 10	$\geq 18$	$\geq 800$
Poroso	BIII	$> 10$	$\geq 15$	$\geq 600$

Fonte: Hotza e Oliveira (2015).

Tabela 11 - Classificação dos revestimentos cerâmicos extrudados segundo a absorção e resistência a ruptura por flexão.

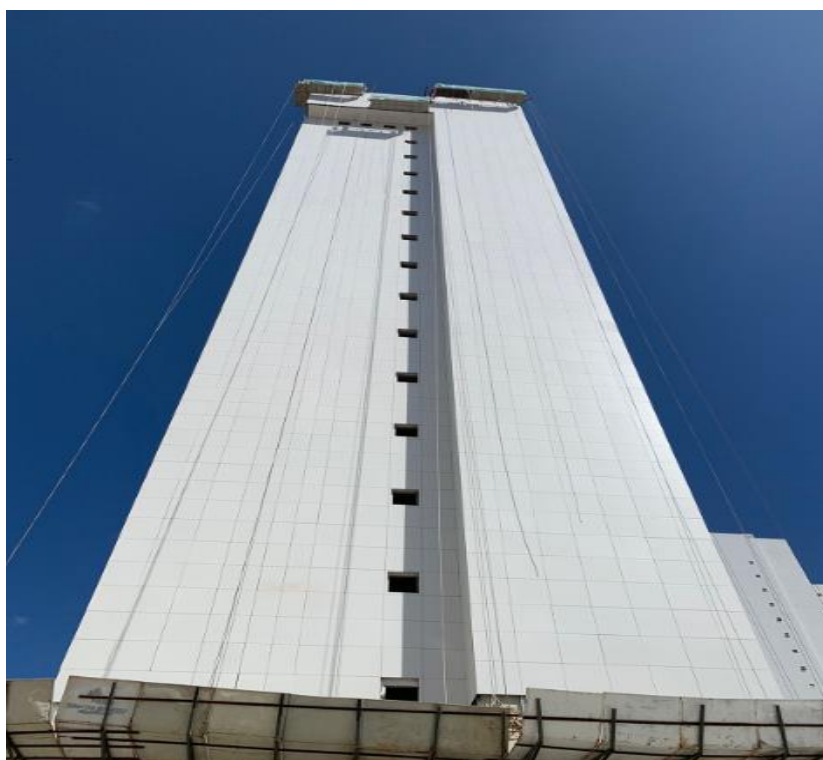
Produto	Grupo de absorção de água	Absorção de água AA(%)	Módulo de resistência a flexão (Mpa)	Carga de ruptura (N)
---------	---------------------------	------------------------	--------------------------------------	----------------------



	Ala	$\leq 3$	23	1100
Placa extrudada	Alb	3 a 6	20	950
	Allb	6 a 10	17,5	900
	Alll	> 10	8	600

Fonte: Hotza e Oliveira (2015).

Figura 26 - Revestimento externo em placa cerâmica.



Fonte: A autoria própria (2021).

- Metal

Para Sousa (2009), os metais apresentam um vasto campo de aplicação no sistema de fachada ventilada devido a sua maleabilidade e plasticidade. Tal propriedade permite ao material diversas formas e texturas, desde painéis lisos, estampados, perfurados, perfilados ou curvos. Quanto ao acabamento, os painéis podem apresentar superfície opaca, espelhada ou colorida.

Além das texturas, formas e acabamentos, os painéis metálicos possuem soluções como objetivo de reduzir o peso sem diminuir a rigidez, de forma a evitar

deformações exageradas, na forma de painéis tricamadas e em favo. Dentre os metais utilizados em fachada, Sousa (2009) destaca os seguintes materiais:

- Aço Inoxidável – Liga de ferro e cromo, podendo receber adição de níquel e outros metais. Apresenta elevada resistência a corrosão. Na Figura 27 é apresentado uma edificação com fachada revestida em aço inoxidável.

Figura 27 – Revestimento Externo em Aço inoxidável.



Fonte: Sousa (2009).

- Alumínio – Material leve, resistente e durável. Dentre os diversos tipos, destaca-se o alumínio composto (ACM). Mendes (2008) explica que as placas de alumínio composto são formadas da junção de duas chapas de alumínio separadas por uma camada de polietileno, garantindo maior rigidez, conforme apresentado na Figura 28. O ACM está disponível em cores e acabamentos variados e que devido sua maleabilidade, permite grande facilidade de conformação e agilidade de montagem. Nas figuras 29, 30 e 31 são apresentados respectivamente exemplos de edificação com revestimento de fachada em alumínio na forma de painéis lisos, perfilados ou ACM.

Figura 28 - Alumínio Composto.



Fonte: ALUMIGLASS (2020)

Figura 29 – Revestimento externo em Alumínio - Painéis Lisos.



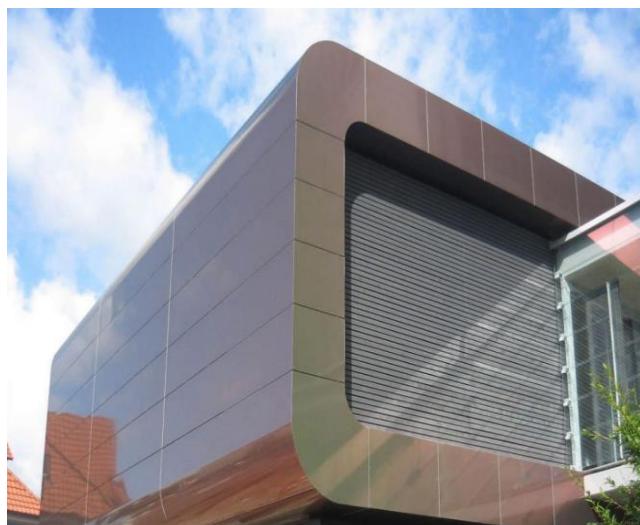
Fonte: Mendes (2008).

Figura 30 – Revestimento externo em Alumínio - Painel Perfilado.



Fonte: Mendes (2008).

Figura 31 - Revestimento externo em Alumínio – ACM.



Fonte: Moreira (2019).

- Cobre – De acordo com Sousa (2009), o cobre apresenta baixa espessura e maleabilidade. Indicado para obter juntas finas, permite execução com qualidade de revestimentos de grandes dimensões e formas geométricas, em concordância com a imagem da Figura 32. Adapta-se a quaisquer formas, curvas e arremates complexos. Resistente e com elevada durabilidade à corrosão.

Figura 32 - Revestimento externo em Cobre.



Fonte: Sousa (2009).

- Zinco - Segundo Sousa (2009), o zinco possui elevada durabilidade, isenção de manutenção e possibilidade de apresentar formas complicadas. Tais características

o tornam um material popular. Ecologicamente viável, compõe elemento neutro com fácil harmonização com outros materiais. Seu aspecto brilhante gradualmente se transforma devido a formação de carbonato básico de zinco em sua superfície adquirindo coloração mate acinzentada. Na Figura 33, é apresentado exemplo de fachada revestida externamente com zinco.

Figura 33 - Revestimento externo em Zinco.



Fonte: Archiproducts (2021).

- Fenólicos

De acordo com Direito (2011), os painéis fenólicos são constituídos por lâminas de papel impregnadas por resina fenólicas e reforçadas com papel ou madeira natural, ver Figura 34. No processo, é empregado sobre as camadas, pressões e temperaturas elevadas, que fazem com que as camadas se fundam e endureçam, conferindo ao material rigidez e resistência. Apresentam grandes dimensões e espessuras variáveis de 6mm a 20mm, além de versatilidade de cores e padrões. Apesar da alta durabilidade, suas cores sofrem alteração quando expostas a radiações ultravioleta.

Figura 34 - Painel Fenólicos.



Fonte: Direito (2011).

- Naturocimento

Composto por cimento Portland, fibras de reforço em acetato polivinílico, fibras de celulose, sílica amorfa, aditivos e água, o naturocimento é uma alternativa para revestimento externo em substituição ao fibrocimento, que de acordo com Caus (2019), atende aos requisitos ambientais por exigir baixo consumo de recursos naturais. Os naturocimento podem ser comercializados em painéis planos, curvos, perfilados em forma de lâminas. Devido a sua versatilidade, podem apresentar coloração e texturas diversas, ver exemplo da Figura 35.

Figura 35 - Revestimento externo em naturocimento.



Fonte: ArchiExpo (2021).

- Vidro

Sousa (2009) afirma que o vidro como revestimento externo das fachadas apresenta aspecto visual semelhante a fachada cortina, entretanto se diferencia devido ao sistema construtivo. Blazius (2019) descreve os tipos de vidro aplicáveis nas fachadas ventiladas e elenca como principais tipos de vidros os impressos, refletivos, temperados, laminados e aramados. Podem se apresentar planos, ondulados ou em lâminas. A figura 35 apresenta um exemplo de revestimento externo em vidro.

Figura 36 - Revestimento externo em vidro.



Fonte: Construlink (2006).

- Madeira

Causs (2014) divide as madeiras aplicadas nas fachadas em dois grupos: madeiras modificadas e derivados de madeira.

- Madeira Modificada – Tratada na forma bruta a elevadas temperaturas de forma a eliminar a umidade e torná-la mais resistente aos agentes exteriores, mantendo-a inalterada mesmo sobre condições climáticas adversas. De acordo com Sousa (2009), o tamanho dos troncos limita as dimensões dos elementos, podendo apresentar dimensões reduzidas, na forma de escamas ou ripado. Na Figura 37 é apresentado o revestimento externo de fachada em madeira modificada.

Figura 37 - Revestimento externo em Madeira Modificada.



Fonte: Sousa (2009).

- Derivados de Madeira – São aplicáveis em fachadas os contraplacados, painéis aglomerados, painéis de aparas de madeira (OSB), painéis de densidade média (MDF) e placas de elevada densidade (HDF).

- Plástico

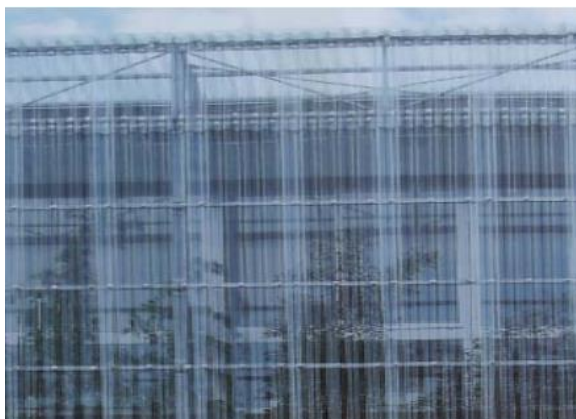
Para Sousa (2009), os plásticos apresentam elevada versatilidade de formas. Entretanto, sua utilização apresenta efeito estético insatisfatório. Por esta razão, é pouco utilizado em fachadas ventiladas. Os plásticos podem ser classificados em:

- Termoplásticos – Polímero artificial. Podem ser conformados e moldados devido à alta viscosidade em altas temperaturas.
- Elastômeros – Polímeros flexíveis podem sofrer alongamento a temperatura ambiente e retornar ao estado natural com a retirada do esforço solicitante.
- Termo endurecidos – Diferentes dos termoplásticos que amolecem e fundem-se com a alteração da temperatura, esses polímeros artificiais são rígidos.

Dentre os diferentes tipos de plásticos, destaca-se para utilização em fachadas entre os termoplásticos, o policarbonato, que pode se apresentar na forma opaca ou transparente, conforme ilustrado na Figura 38.



Figura 38 - Revestimento externo em policarbonato.

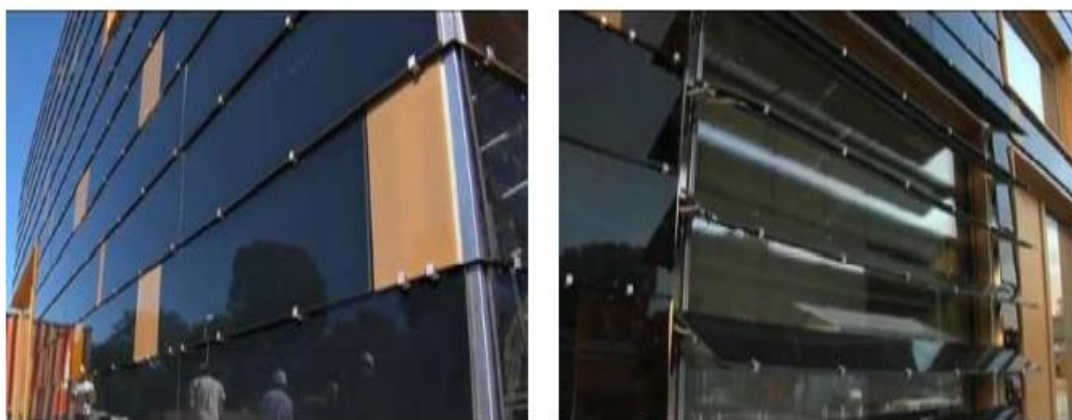


Fonte: Sousa (2009).

- Painéis Fotovoltaicos

Segundo Causs (2014), em atenção à sustentabilidade, os construtores e empresários buscam inovar e utilizar painéis fotovoltaicos em fachadas. Projetados para serem utilizados em ambiente externo, sob os efeitos das intempéries e variações térmicas, além de possuir durabilidade elevada. Nas fachadas, apresentam dupla função, geração de energia e elemento arquitetônico para revestimento externo. Sousa (2009) esclarece que o uso dos painéis propicia a captação da energia solar que incide diretamente e indiretamente sobre as superfícies. Observando que a instalação deve atender a critérios de locação de forma a aumentar a exposição solar.

Figura 39 - Revestimento externo com Painéis Fotovoltaicos.

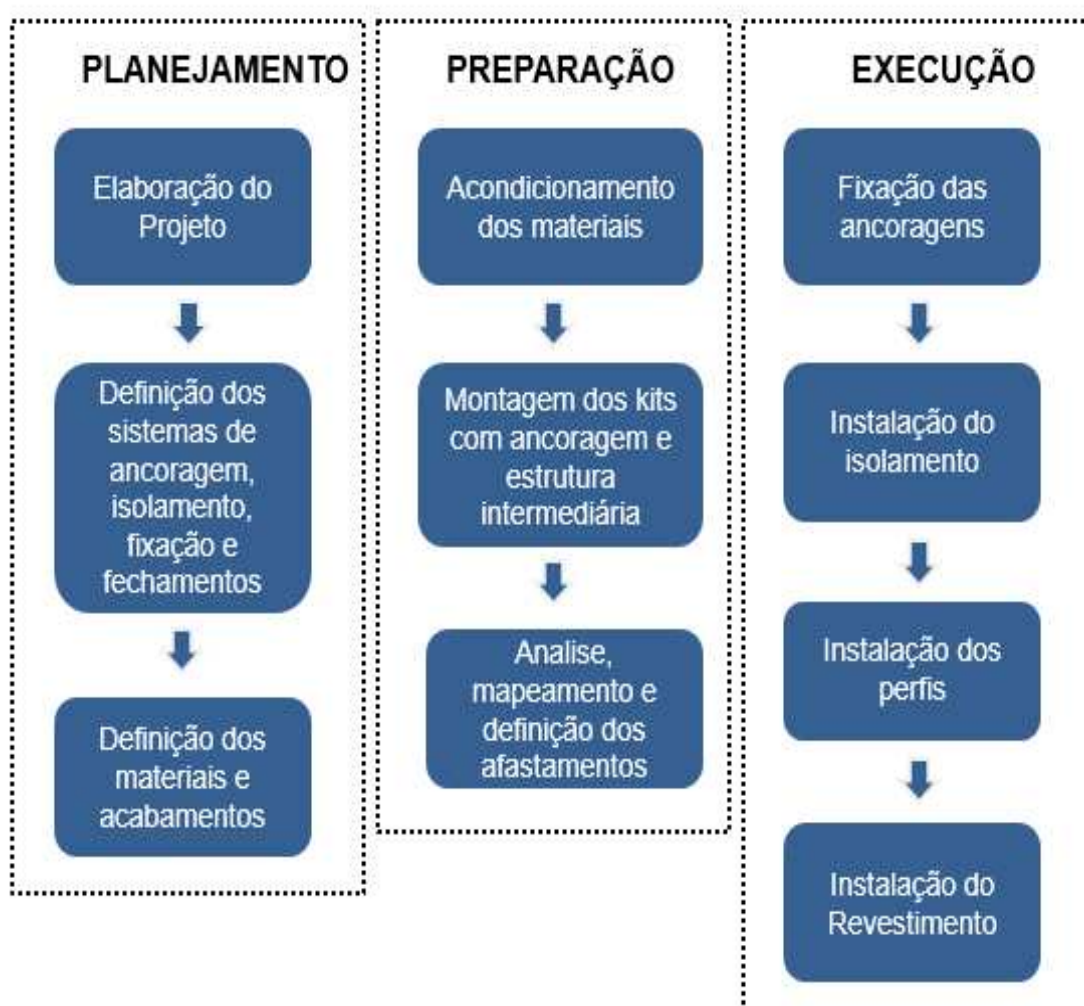


Fonte: Sousa (2009).

### 2.1.2 Etapas do processo

O sistema de fachada ventilada pode ser dividido em 3 etapas: planejamento, preparação e execução. Na etapa inicial, é desenvolvido o projeto de fachada, com a definição dos locais, materiais, paginações e detalhamentos dos sistemas de ancoragem, isolamento, fixação e fechamentos. Na Figura 40, é apresentado fluxograma com as etapas do processo para desenvolvimento do sistema de fachada ventilada.

Figura 40 - Fluxograma - Etapas do Processo



Fonte: Autoria própria.

Após o planejamento, inicia-se a etapa de preparação. Nesta etapa, a depender do modo de produção proposto para execução da fachada, pode ser realizado no canteiro de obras ou na unidade fabril. Caso o modo de produção seja montado *in loco*, é realizado o acondicionamento e montagem dos materiais a serem utilizados para a ancoragem, subestrutura intermediária e corte/dobra do revestimento externo nas dimensões definidas no projeto. No modelo pré-fabricado, o acondicionamento e montagem dos materiais é realizado na fábrica, sendo os painéis transportados, entregues e montados no canteiro de obras.

Cunha (2006) recomenda que a instalação da fachada ventilada se inicie após a conclusão da estrutura de concreto e vedações externas da edificação. Tal procedimento permite que a equipe de campo verifique o prumo da edificação, analisando, mapeando e definindo os afastamentos das fachadas onde serão aplicados o revestimento ventilado de forma a garantir a planitude do acabamento.

As etapas anteriores antecedem a montagem do sistema *in loco*. O processo executivo do sistema pode ser dividido em 4 subetapas, são elas: fixação das ancoragens, instalação do isolamento, instalação da estrutura intermediária e instalação dos perfis.

#### *2.1.2.1 Fixação das Ancoragens*

Com a função de absorver as distorções na estrutura e planimetria, segundo Caus (2019), as ancoragens regularizam o prumo e alinham o revestimento externo. Para locação dos pontos de ancoragem definidos em projeto, podem ser utilizados ferramentas laser, estação total ou arames com prumo. Obedecendo ao posicionamento previsto em projeto, as ancoragens devem ser locadas de acordo com a disposição dos montantes verticais. O profissional, com o auxílio de uma trena e lápis de carpinteiro, deve medir a distância entre eixos para fixação das ancoragens. É possível observar em determinadas situações de desaprumo, a necessidade de ajuste da cantoneira. Essa correção pode ser realizada com a troca da cantoneira de acordo com a dimensão ou utilização de calços, conforme apresentado na Figura 41.

Figura 41 - Fixação da ancoragem.



Fonte: Cunha (2006).

#### 2.1.2.2 Instalação do Isolamento

De acordo com o tipo de isolante, Caus (2019) divide os isolantes em moldado *in loco* ou pré-fabricado. A instalação do isolante pode ser realizada fixando-o diretamente sobre o substrato a partir das características adesivas do material ou com o uso de rosetas de policloreto de vinila (PVC) (Figura 42).

Figura 42 - Roseta PVC.



Fonte: Caus (2019).

Para os isolantes pré-fabricados, após o posicionamento, é realizado um furo com o uso de furadeira no material isolante e substrato. A bucha é inserida no orifício e a roseta de PVC é parafusada, de forma a fixar o isolante paralelamente a superfície da edificação, conforme apresentado na Figura 43.

Figura 43 - Instalação do isolante térmico

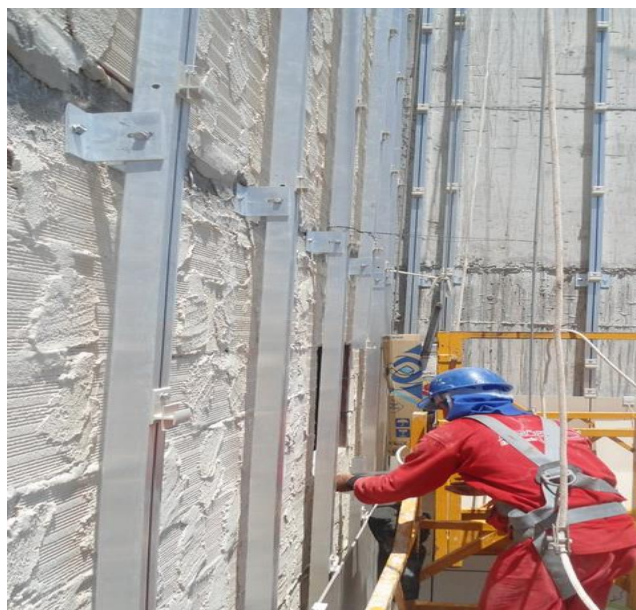


Fonte: Causse (2019).

### 2.1.2.3 Instalação dos Perfis

Causse (2019) esclarece que para sistemas com ancoragem indireta, faz-se necessário a instalação dos perfis da estrutura indireta para posterior encaixe e instalação do revestimento. Com as cantoneiras previamente posicionadas e fixadas ao substrato, os perfis são posicionados e fixos por parafusos ou guias nos furos pré-existentes, de forma a impedir o deslocamento em qualquer direção. A montagem dos perfis deve ser realizada de baixo para cima, o profissional deverá alinhar os perfis verticalmente com o auxílio de arame de prumo ou laser de forma a garantir a verticalidade do perfil, conforme ilustrado na Figura 44. Alguns sistemas utilizam-se de encaixe macho/fêmea em seus perfis de forma a garantir precisão no encaixe dos perfis.

Figura 44 - Instalação dos perfis metálicos



Fonte: Autoria própria.

#### 2.1.2.4 *Instalação do Revestimento*

Na etapa final é realizada a instalação do revestimento externo a depender do tipo de material especificado em projeto. Para fixações pontuais, o revestimento é instalado ao substrato ou estrutura intermediária através de parafuso, rebites ou ancoragens no tardo das peças. Segundo Caus (2019), é recorrente a instalação por encaixe em estruturas metálicas. O profissional posiciona o revestimento de acordo com os eixos dos perfis, respeitando o afastamento entre placas sucessivas de acordo com o projeto ou recomendação do fabricante a depender do coeficiente de dilatação. De forma a evitar o surgimento de tensões e consequentemente o aparecimento de patologias e buscando manter a uniformidade das juntas, utilizam-se espaçadores plásticos, conforme apresentado na Figura 45. Ainda obedecendo as especificações do projeto, realiza-se ou não o fechamento das juntas com selante.

Figura 45 - Instalação do revestimento.



Fonte: Autoria própria.

## 2.2 Obras de Fachada ventilada

Blazius (2019) relata que a utilização do sistema de fachada ventilada tem se mostrado bem difundido no continente europeu e cada dia mais empregado no Brasil. Podendo ser executado em obras novas ou reformas, observa-se que o sistema apresenta maior implementação nos empreendimentos de cunho institucional, como shoppings, hotéis, escolas, faculdades, hospitais e museus. A justificativa não está relacionada ao apelo estético como forma de chamar a atenção dos clientes e sim aos benefícios a longo prazo como a diminuição dos custos de manutenção e conforto térmico.

Nos subitens abaixo, serão apresentados empreendimentos com a implementação do sistema de fachada ventilada. Para realização da pesquisa, foram selecionadas 3 grandes empresas especializadas no fornecimento do sistema de fachada, com projetos executados em território nacional e no exterior. Respeitando o sigilo do conteúdo, foi ocultado o nome das empresas.

A exemplificação dos empreendimentos dar-se-á com a apresentação dos empreendimentos, localização e características técnicas sobre o sistema de fachada ventilada.

### 2.2.1 No Brasil

- Hospital Unimed

Localizado no estado de Santa Catarina, o Hospital Unimed (Figura 46) conta com uma área de fachada de aproximadamente 2400m<sup>2</sup>. Para realização do projeto, foi utilizado no revestimento externo cerâmica extrudada, fibrocimento e granito.

Figura 46 - Hospital Unimed - Revestimento cerâmico extrudado, fibrocimento e granito.



Fonte: Empresa 1.

- Hotel Suryaa

Com 800m<sup>2</sup> de área de fachada revestida externamente com cerâmica extrudada, o hotel Suryaa, apresentado na Figura 47 está localizado no município de Pinhais no estado do Paraná.



Figura 47 - Hotel Suryaa - Revestimento cerâmico extrudado



Fonte: Empresa 1.

○ Aeroporto Salgado Filho

A ampliação do aeroporto Salgado Filho (Figura 48), na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, conta com a utilização do sistema de fachada ventilada com revestimento de fibrocimento em uma área de aproximadamente 5400m<sup>2</sup>.

Figura 48 - Aeroporto Salgado Filho - Revestimento de Fibrocimento.

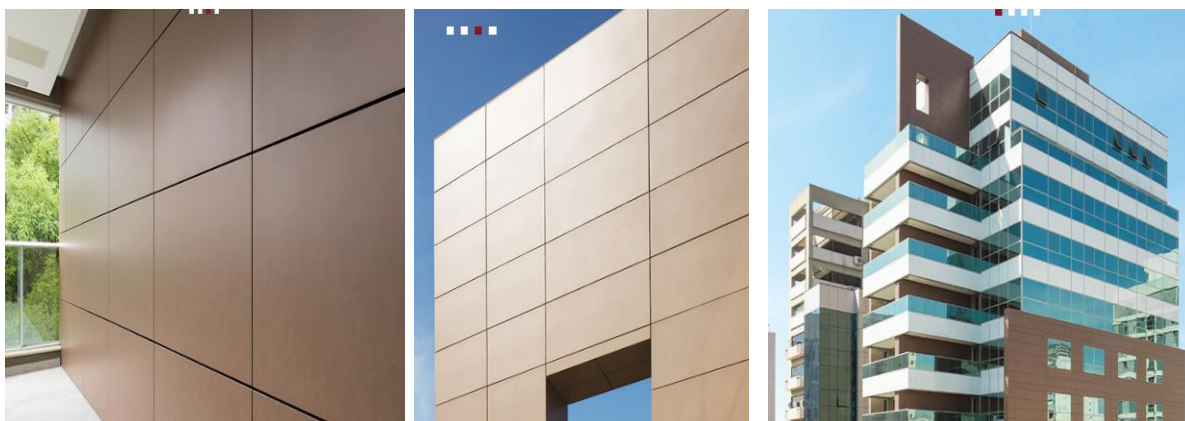


Fonte: Empresa 1.

- Bela Cintra 1

Com uma área de 1800m<sup>2</sup> e localizado na cidade do Rio de Janeiro, o edifício residencial Bela Cintra 1 ilustrado na Figura 49, destaca-se pela utilização do revestimento externo com dimensões de 60 x 120cm.

Figura 49 - Edifício Residencial Bela Cintra 1 - Revestimento cerâmico.

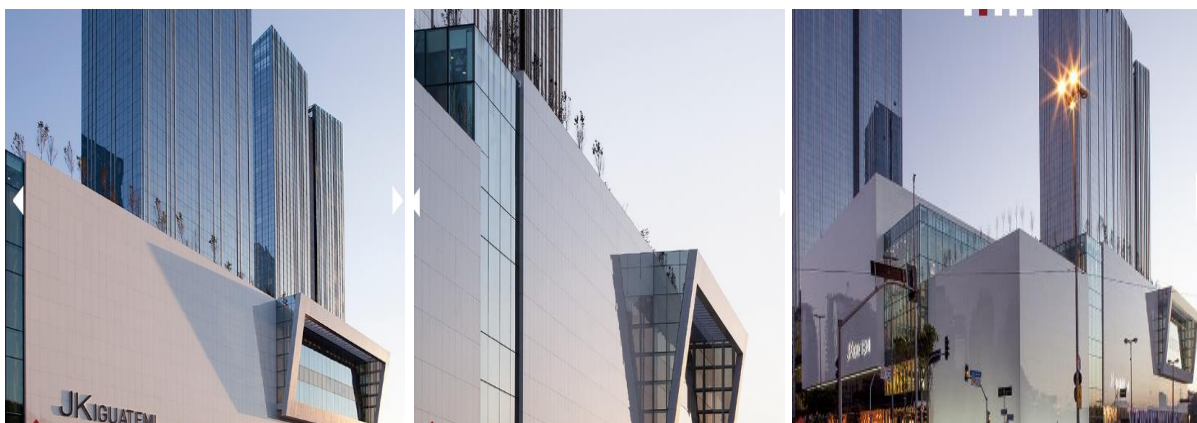


Fonte: Empresa 2.

- JK Iguatemi

Em São Paulo, com uma área de 8000m<sup>2</sup> de fachada e revestimento porcelanato Crystalato 90 x 180 cm, temos o Shopping JK Iguatemi, representado na Figura 50.

Figura 50 - Shopping JK Iguatemi – Revestimento Cerâmico.



Fonte: Empresa 2.

## 2.2.2 No Exterior

### ○ Bairro do Sobreiro

Projeto de reabilitação ou retrofit de blocos residenciais na cidade de Maia em Portugal, ilustrado na Figura 51. Destaque para realização da reforma externa com as unidades habitacionais ocupadas.

Figura 51 - Bairro Sobreiro - Retrofit de fachada.

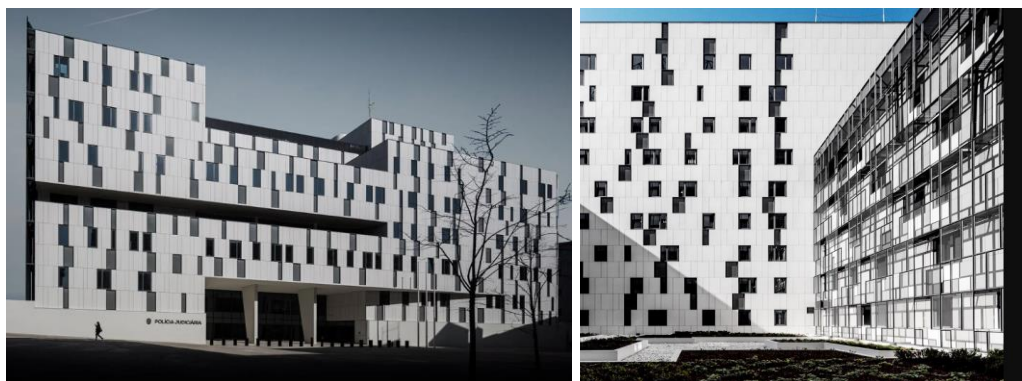


Fonte: Empresa 3.

### ○ Sede da Polícia Judiciária de Lisboa

Na figura 52, é apresentado o edifício público com revestimento externo em fibrocimento, com acabamento colorido e superfície lixada. Localizado na cidade de Lisboa em Portugal.

Figura 52 - Sede da Polícia Judiciária de Lisboa - Revestimento externo em fibrocimento.



Fonte: Empresa 3.

## 2.3 Vantagens e Desvantagens

Para verificação das vantagens e desvantagens de utilização do sistema de fachada ventilada, comparou-se o sistema objeto de estudo com o sistema de revestimento de fachada tradicional ou aderido.

### 2.3.1 Vantagens

As vantagens para utilização do sistema de fachada ventilada podem ser divididas em técnicas e comerciais. Cunha (2006), observa que no sistema para revestimento de fachadas tradicional, é constituído por camadas de materiais heterogêneos, com diferentes coeficientes de dilatação térmica. Desta forma, quando sujeitos a movimentações internas ou externas, tendem a se comportarem de formas distintas, ocasionando a formação de tensões internas e consequentemente, originando fissuras e infiltrações. Logo, o comprometimento do desempenho e durabilidade do sistema acarretam na desvalorização, habitabilidade da edificação além de causar desconforto para os usuários.

Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos colados são observadas com frequência nas grandes cidades. A mais comum e facilmente observada é o descolamento do revestimento de placas cerâmicas. Esta patologia está diretamente relacionada com uma combinação de fatores, desde falhas técnicas à falta de mão de obra qualificada.

Para Cunha (2006), a proposta de separação entre o revestimento e o substrato, criando uma caixa de ar, proporciona ao sistema de fachada ventilada uma série de vantagens quando comparados como os revestimentos tradicionais, das quais podemos destacar:

- Melhoria do conforto térmico. As correntes de ar por convecção atuam como isolantes térmicos entre o exterior e as paredes da edificação.
- Diminuição do consumo de energia elétrica para arrefecimento do ar, consequência da diminuição das pontes térmicas;
- Diminuição de eventuais fissurações internas devido os efeitos de dilatação térmica;
- Diminuição das infiltrações de água, devido a separação entre o revestimento externo e o substrato adjacente.

- Melhoria da dispersão de umidade;
- Proteção da estrutura contra os efeitos de corrosão e consequentemente, proporcionando maior longevidade.
- Eliminação do risco de destacamento do revestimento;
- Possibilidade de renovação estética sem necessidade de remoção do revestimento existente;
- Grande variedade de materiais, dimensões, cores e texturas para revestimento final;
- Facilidade de montagem e desmontagem;
- Elevada produtividade;
- Industrialização dos componentes e processo de montagem.
- Possibilidade de correção da planitude do acabamento final da fachada;
- Facilidade no processo de recebimento e acondicionamento de materiais e produção.
- Atenuação dos ruídos externos, devido a criação de uma caixa de ar, proporcionando isolamento acústico.
- Redução do desperdício e diminuição da geração dos resíduos.

Além dos pontos abordados anteriormente, Cunha (2006) destaca vantagens comerciais do sistema ventilado diante do sistema tradicional. Em um mercado a cada dia mais competitivo, o surgimento de problemas patológicos decorrentes do sistema de fachada tradicional compromete a imagem institucional da construtora e gera custos de manutenção elevados ao longo dos anos. Desta forma, as construtoras buscam novas tecnologias que ofereçam conforto, durabilidade e segurança, minimizando os riscos envolvidos na execução de fachadas.

### **2.3.2 Desvantagens**

As desvantagens da utilização do sistema de fachada ventilada estão relacionadas a ausência de normatização específica, qualidade do material e instalação. Como citado por Caus (2014), as normas técnicas possuem a função de regular e simplificar os procedimentos para execução, além de proporcionar

proteção ao consumidor com a especificação de critérios e requisitos de desempenho do produto ou serviço. No Brasil, não existe norma específica para elaboração de projeto, execução e fiscalização de fachadas ventiladas. Para aplicação do sistema no território nacional, as grandes construtoras utilizam normas estrangeiras onde o sistema está mais difundido e a academia realizou inúmeros trabalhos.

A importação de tecnologia e exigência de projeto específico detalhado, com a definição do processo de montagem, eleva o custo do sistema, deixando-o em desvantagem na competição diante do tradicional.

Além da falta de normatização, Blazius (2019) cita como consequência para a má execução do sistema a baixa qualificação e experiência da mão de obra, juntamente com a ausência de fiscalização.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Enquadramento metodológico**

Neste capítulo, é apresentado a classificação da pesquisa, estratégia, métodos e ferramentas de coleta dos dados, ou seja, teorias em que se baseia o método de pesquisa.

#### **3.2 Classificação da pesquisa**

Este trabalho é caracterizado como resultado de levantamento bibliográfico sobre o sistema de fachada ventilada. A pesquisa consiste na exploração de informações sobre o assunto por meio de busca de documentos publicados como artigos, monografias, dissertações e publicações em geral, disponibilizadas em meios físicos e digitais, que proporcionem explorar e detalhar profundamente o assunto objeto da pesquisa.

A pesquisa é essencialmente qualitativa, cuja finalidade é abordar descrições detalhadas das situações, sem regras precisas, nem com o uso de ferramentas estatísticas. Segundo Blazius (2019), o mais importante é o processo de obtenção das informações que a natureza dos dados obtidos.

Diante das informações, conclui-se ser uma pesquisa exploratória descritiva.

#### **3.3 Métodos e ferramentas de coleta dos dados**

Este subitem apresenta como foram levantados e analisados os dados que respondem aos objetivos deste trabalho na parte de resultados e análises.

O método de coleta de dados será realizado por meio de pesquisa de materiais e técnicas empregados para a realização de obras com sistema de fachada ventilada no Brasil e Exterior. O trabalho utilizou como base: monografias, dissertações, livros, artigos técnicos, dossiês e catálogos, nacionais e internacionais. Com as informações levantadas, foi possível descrever os principais componentes, características e método executivo do sistema de fachada ventilada, elencando as principais vantagens e desvantagens para utilização do sistema. Também, a partir

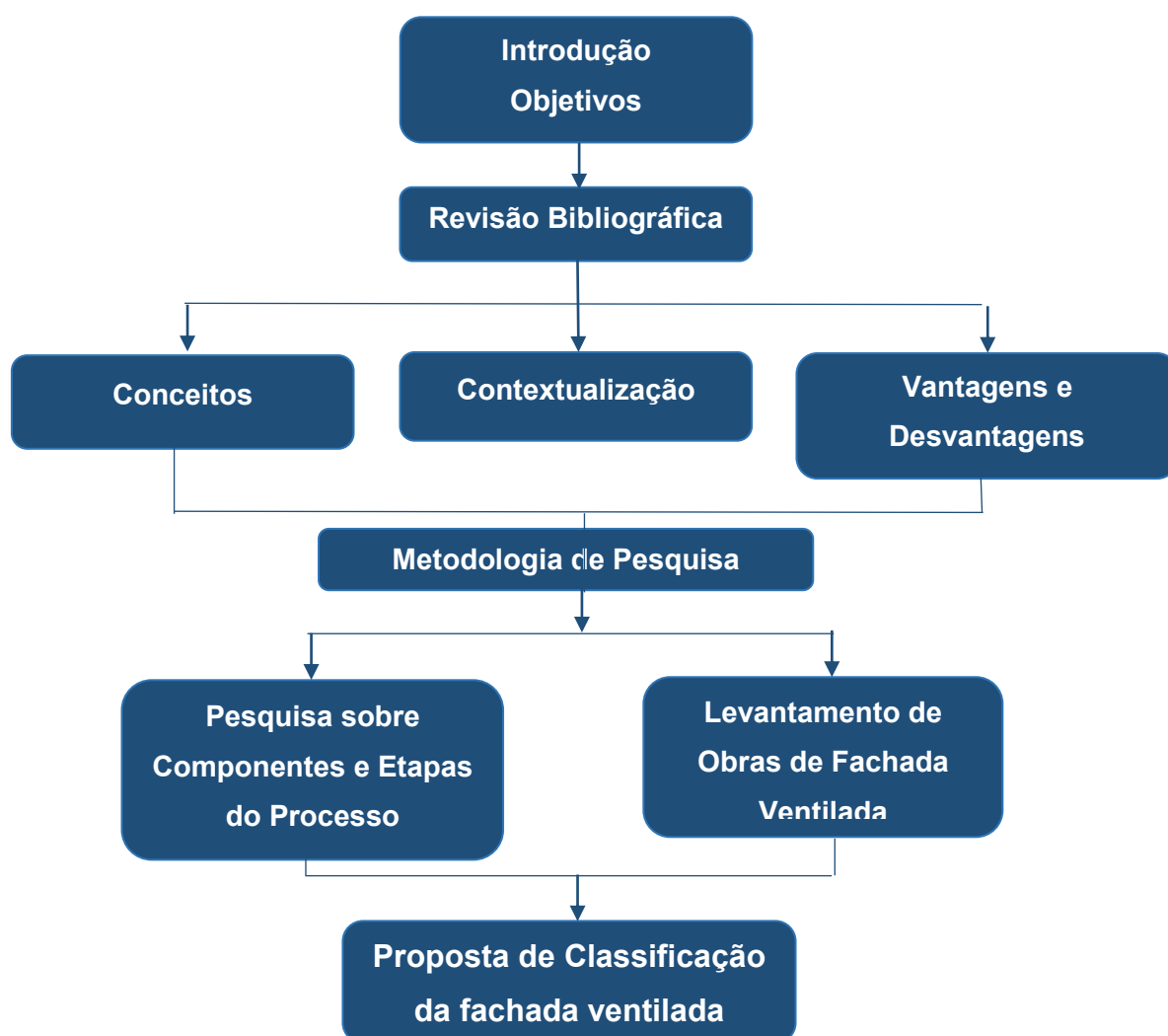
dos dados, foi possível elaborar critérios de classificação e subdivisão dos diferentes tipos de fachada executados no mundo com base na tipologia e características qualitativas.

Para responder ao último objetivo da pesquisa, foi apresentado um estudo de caso vivenciado e realizado com a participação do autor deste trabalho durante o período acadêmico. Buscou-se caracterizar e classificar o modelo de fachada ventilada desenvolvido e aplicado pela construtora em suas obras.

### 3.4 Delineamento da Pesquisa

De forma sintética, o trabalho seguiu o fluxograma apresentado na Figura 53.

Figura 53 - Delineamento da Pesquisa – Fluxograma



Fonte: Autoria própria.



### 3.5 Critérios de Classificação do Sistema de fachada Ventilada

Para elaboração dos critérios de classificação do sistema de fachada ventilada, optou-se pela utilização da metodologia de análise hipotético-dedutivo, com o objetivo de classificar e categorizar, reduzindo as características a elementos-chave, de modo a propiciar meios comparáveis a uma série de outros elementos. Dividiu-se a classificação quanto à tipologia e qualidade.

#### 3.5.1 Classificação dos tipos de fachada ventilada – Quanto à tipologia

##### 3.5.1.1 Modo de Produção

Para classificação das fachadas ventiladas quanto à tipologia empregada no processo de produção, podemos classificá-las em montadas *in loco* ou pré-fabricadas.

- Montada *in loco*

Com seus elementos constituintes entregues separadamente, as fachadas montadas *in loco* são confeccionadas diretamente no canteiro de obras. Para sua montagem é necessário a utilização de estruturas auxiliares como andaimes fachadeiros ou balancins, conforme ilustrado na Figura 54.

Figura 54 - Fachada montada *in loco*.



Fonte: Cunha (2006).

- Pré-fabricada

São construídas em fabricas e transportadas para o canteiro de obras. Esse modelo de fachada também é conhecido com modulado. Na Figura 55, observa-se que durante a montagem, é necessário o suporte de guias ou guindastes para elevação dos módulos e fixação ao substrato, através de ancoragens rápidas que possibilitem ajustes posteriores.

Figura 55 - Fachada Pré-Fabricada



Fonte: Cunha (2006).

### 3.5.1.2 Ancoragem

Para Mendes (2009), o processo de ancoragem das fachadas ventiladas pode ser dividido em dois tipos, ancoragem direta ou pontual e ancoragem indireta ou contínua. No primeiro tipo, elementos de ancoragem ligam o substrato ao revestimento, não dependendo de estruturas intermediárias. Desta forma, a ancoragem pontual necessita de suportes com resistência suficiente para sua fixação em quase toda sua extensão. Os dispositivos podem ser divididos em dois tipos de acordo com a associação ao suporte: ancoragem mecânica (Figura 56) ou ancoragem por selagem (Figura 57).

Figura 56 - Ancoragem mecânica



Fonte: Dutra (2010).

Figura 57 - Ancoragem por selagem.



Fonte: Dutra (2010).

Nas ancoragens indiretas, faz-se necessária a existência de uma estrutura intermediária entre o substrato e o revestimento, capaz de suportar a aplicação dos revestimentos sobre a estrutura intermediária. Essas estruturas podem ser confeccionadas com madeira, ferro, alumínio e aço. Usualmente, materiais como alumínio e aço são os mais empregados devido suas características de resistência e durabilidade. Na Figura 58, é apresentado exemplo de estrutura intermediária em alumínio.

Figura 58 - Estrutura intermediária de alumínio.



Fonte: Liveplace (2021).

### 3.5.1.3 Tipologia quanto aos materiais para isolamento térmico e aplicação

Com a função principal de reduzir a transferência de calor entre o ambiente externo e interno, os isolantes térmicos podem ser divididos quanto ao tipo de aplicação em pré-fabricados ou projetados *in loco*. Quando produzidos em fábricas e aplicados na fachada através de placas ou painéis, recebem a classificação de pré-fabricados. Já os projetados, são moldados *in loco*. Os componentes líquidos são misturados e aplicados com a utilização de equipamento próprio sobre o substrato. O material expande e solidifica após a projeção. Os isolantes podem ser classificados de acordo com o material utilizado. Com base nos isolantes empregados em obras de fachada ventilada, podemos classificá-los em:

- Lã mineral;
- Espuma de vidro;
- Poliuretano;
- Poliuretano projetado;
- Poliuretano expandido;
- Poliestireno extrudido;
- Cortiça.

#### 3.5.1.4 Tipologia quanto aos materiais para revestimento

Com base na diversidade de possibilidades de revestimento externo a serem utilizados nas fachadas ventiladas, sugere-se classificar o sistema a ser estudado de acordo com a tipologia do material empregado. Desta forma, podemos dividir os revestimentos externos em:

- Pedra Natural;
- Cerâmica;
- Metal;
  - Aço Inoxidável;
  - Alumínio;
  - Cobre;
  - Zinco.
- Fenólicos;
- Naturocimento;
- Vidro;
- Madeira;
- Plástico;
- Painéis Fotovoltaicos.

#### 3.5.1.5 Fixação do revestimento

A fixação das placas de revestimento pode ser realizada de forma oculta ou a vista. Na fixação oculta, ilustrada na Figura 60, os dispositivos não são visíveis no revestimento acabado, podendo ser inseridos no tardo ou na espessura do revestimento, caso possua espessura suficiente. Quando o dispositivo de fixação do revestimento a estrutura intermediária é visível na parte exterior do edifício, denomina-se fixação a vista (Figura 59). Esse modelo de fixação é usualmente aplicado para revestimentos cerâmicos, com a utilização de clips ou *inserts* metálicos.

Figura 59 - Fixação à vista.



Fonte: Wandegar (2019).

Figura 60 - Fixação oculta.



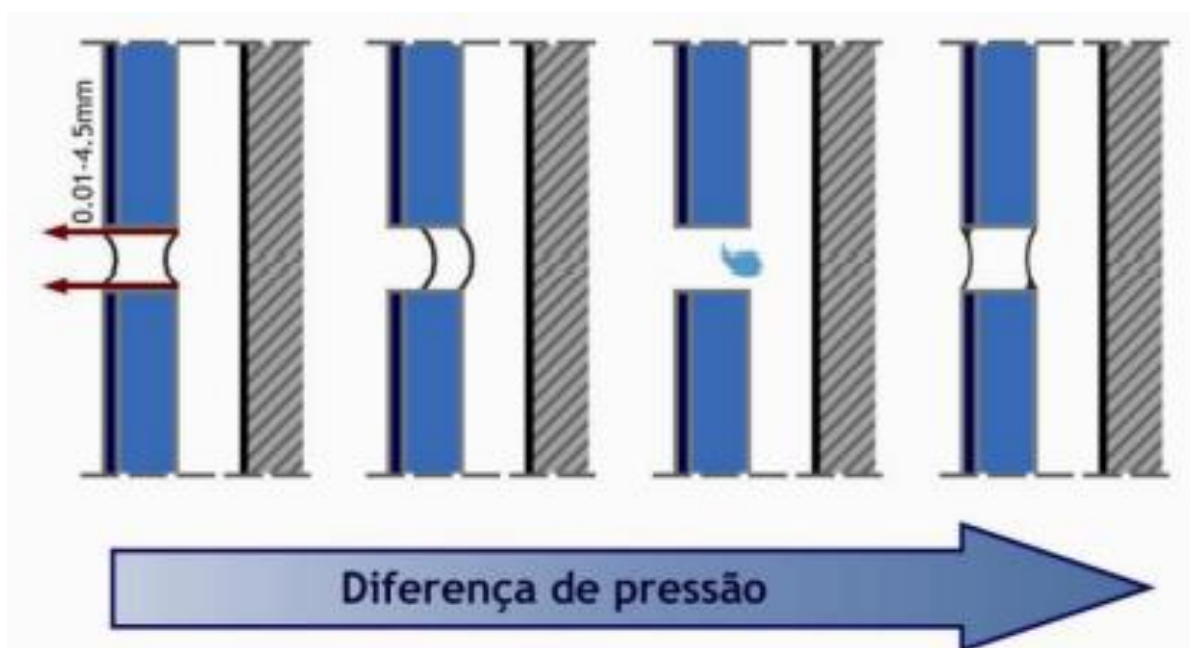
Fonte: Wandegar (2019).

### 3.5.1.6 Tipologia quanto ao tipo de juntas

As juntas de uma fachada são formadas por espaços entre duas placas, com distância estipulada de acordo com a composição do material de revestimento. Para Cunha (2019), as juntas possuem a função de promover o das tensões oriundas das movimentações, absorvendo as deformações de origem estrutural, deformações de expansão e contração, além de prover estanqueidade do revestimento e permitir a fácil manutenção do sistema.

De acordo com Dutra (2010), é natural que a água proveniente das chuvas apresente tendência a entrar para o interior do revestimento através das juntas, devido à elevada energia cinética das gotas, espessura do revestimento e direção do vento. Porém, a diferença de pressão entre a parte externa e interna do revestimento provoca movimentos que eventualmente impedem a água para o interior da câmara de ar, conforme representado na Figura 61.

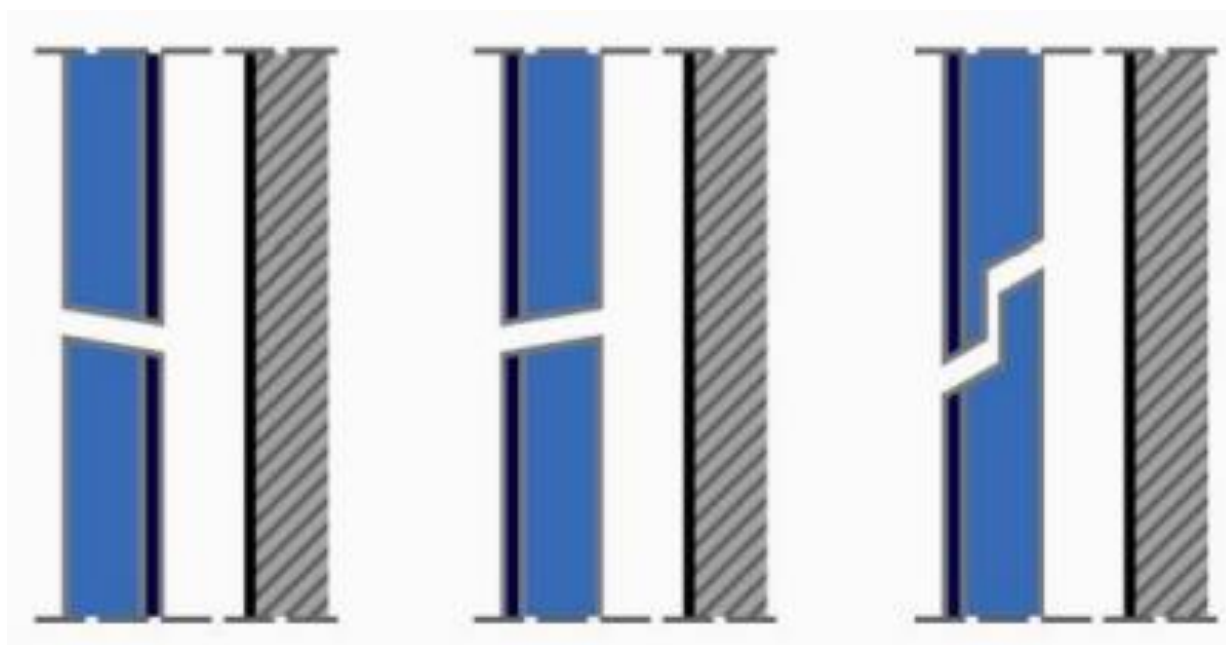
Figura 61 - Penetração de água pluvial em juntas devido a diferença de pressão.



Fonte: Dutra (2010).

Para o sistema de fachada ventilada, Carneiro (2015) divide as juntas em dois tipos: juntas abertas e juntas fechadas. Cunha (2019) esclarece que para as juntas abertas, não existe proteção contra infiltração de águas pluviais. Desta forma, não se recomenda sua utilização em locais onde as condições climáticas são extremas. Observa-se que o formato e disposição das juntas, pode amenizar a penetração da água pelas juntas.

Figura 62 - Tipos de juntas abertas - Ascendentes, descendentes e sobrepostas.



Fonte: Dutra (2010).

Juntas ascendentes, descendentes ou sobrepostas (Figura 62) possibilitam o direcionamento e escoamento do fluxo de água através das superfícies do revestimento.

As juntas fechadas possibilitam proteção contra as águas provenientes da chuva. Segundo Siqueira Jr. (2003), recomenda-se a utilização de selantes para fechamento das juntas.

### **3.5.2 Classificação dos tipos de fachada ventilada – Quanto à qualidade**

#### **3.5.2.1 Nível de proteção térmico**

De acordo com a NBR 15520:2005 – a definição de conforto térmico pode ser expressa como: “Satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”. Lamberts (2014) reforça a definição apresentada em norma como dependentes de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. Tais fatores estão relacionados com as trocas de calor do corpo com o meio, alterações na resposta fisiológica do organismo, resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica e diferenças de percepção e na resposta a estímulos sensoriais, respectivamente.



No Brasil, duas normas técnicas estão relacionadas com o desempenho térmico das edificações, a NBR 15220 : 2005 – Desempenho térmico de edificações e a NBR 15575 : 2013 – Edificações habitacionais: Desempenho.

NBR 15220 : 2005 – Desempenho térmico de edificações.

Dividida em 5 partes, a NBR 15220 : 2005 apresenta as recomendações para os elementos constituintes da envoltória da edificação, estratégias para obtenção do conforto térmico de acordo com a transmitância térmica entre os elementos estruturais para cada zona bioclimática. Estabelece os critérios de cálculo para obtenção da resistência, capacidade e transmitância térmica de materiais, além de procedimentos de medição.

NBR 15575 : 2013 – Edificações habitacionais: Desempenho.

A NBR 15575 analisa o desempenho geral das edificações. Dividida em seis partes, apresenta em seu capítulo 11, denominado Desempenho Térmico, os procedimentos e critérios para avaliação de desempenho térmico de sistemas de vedações verticais externas de acordo com as características de transmitância térmica, absortância e capacidade térmica conforme a zona bioclimática.

Mottin (2015) define a resistência térmica total de um elemento como o somatório de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa.

Para o presente estudo, o cálculo da resistência térmica foi determinado conforme diretrizes apresentadas na NBR 15220 : 2005, definida pela Equação 1:

Equação 1 - Resistência térmica

$$R = \frac{e}{\lambda} (m^2.K/W)$$

Fonte: NBR 15.220-2 (2005)

Onde:

R = Resistência térmica do elemento ( $m^2.K/W$ )

E = Espessura da camada (m)

$\lambda$  = Coeficiente de condutividade térmica do material ( $W/m.K$ )

A determinação da resistência térmica total é realizada com o cálculo da resistência térmica de superfície a superfície de um componente plano constituído de camadas homogêneas, perpendiculares ao fluxo de calor, somado a resistência térmica de ambiente a ambiente, expresso pela Equação 2.

Equação 2 - Resistência térmica total

$$R_T = R_{se} + \sum R + R_{si}$$

Fonte: NBR 15.220-2 (2005)

Onde:

$R_T$  = Resistência térmica total (m<sup>2</sup>.K)/W

$R_{se}$  = Resistência superficial externa (m<sup>2</sup>.K)/W

$R$  = Resistência térmica dos elementos e componentes (m<sup>2</sup>.K)/W

$R_{si}$  = Resistência térmica interna (m<sup>2</sup>.K)/W

Os valores médios recomendados de resistência térmica superficial externa e interna são apresentados na Figura 63 através de reprodução da Tabela A.1 da NBR 15220 : 2005.

Figura 63 - Resistência térmica superficial interna e externa

$R_{si}$ (m <sup>2</sup> .K)/W			$R_{se}$ (m <sup>2</sup> .K)/W		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
⇒	— ↑	— ↓	⇒	— ↑	— ↓
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: NBR 15.220-2 (2005)

Segundo Mottin (2015), a transmitância térmica é composta do somatório dos coeficientes de transmissão de calor externo e do coeficiente de condutibilidade térmica dos materiais constituintes da parede.

A transmitância térmica de uma parede pode ser determinada a partir do inverso da resistência térmica total. Para a realização do estudo, com base nas diretrizes da NBR 15220 : 2005, a transmitância térmica é calculada pela fórmula presente na Equação 3.

#### Equação 3 - Transmitância térmica

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{se} + \sum R + R_{si}} \quad (W/m^2 \cdot K)$$

Fonte: NBR 15.220-2 (2005)

Onde:

U = Transmitância térmica (W/m<sup>2</sup>.K)

R<sub>se</sub> = Resistência superficial externa (m<sup>2</sup>.K)/W

R = Resistência térmica dos elementos e componentes (m<sup>2</sup>.K)/W

R<sub>si</sub> = Resistência superficial interna (m<sup>2</sup>.K)/W

A capacidade térmica determina a relação entre a quantidade de calor fornecida a um corpo e a variação de temperatura observada. De acordo com a NBR 15220 : 2005, para os constituintes do sistema de fachada, pode ser determinada pela Equação 4.

#### Equação 4 - Capacidade térmica

$$C_T = \sum e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (kJ/m^2 \cdot K)$$

Fonte: NBR 15.220-2 (2005)

Onde:

e<sub>i</sub> = Espessura da camada i

c<sub>i</sub> = calor específico do material da camada

ρ<sub>i</sub> = densidade de massa aparente do material da camada

Os valores de referência para a transmitância e capacidade térmica de paredes externas são apresentados nas Tabelas 12 e 13. Caso a edificação não atenda aos requisitos mínimos avaliados a partir do método simplificado exposto na NBR 15575 : 2013, faz-se necessária a realização da simulação computacional que comprove o atendimento aos requisitos de temperaturas aceitáveis.

Tabela 12 - Transmitância térmica de paredes

<b>Transmitância térmica de paredes (<math>U_{par}</math>) – W/(m<sup>2</sup>.K)</b>		
<b>Zona bioclimática 1 e 2</b>	<b>Zonas bioclimáticas 3 a 8</b>	
$U_{par} \leq 2,7$	$\alpha_{par}^a \leq 0,6$	$\alpha_{par}^a > 0,6$
	$U_{par} \leq 3,7$	$U_{par} \leq 2,5$

$\alpha$  = Absortância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: NBR 15.575-4 (2013).

Tabela 13 - Capacidade térmica

<b>Capacidade Térmica (CT) – kJ/m<sup>2</sup>.K</b>	
<b>Zona bioclimática 8</b>	<b>Zonas bioclimáticas 1,2, 3, 4, 5, 6 e 7</b>
Sem exigência	$\geq 130$

Fonte: NBR 15.575-4 (2013).

Para classificação quanto ao nível de proteção térmica, a partir dos procedimentos de cálculo e valores de referência apresentados na NBR 15220 : 2005, realizou-se a determinação dos valores de resistência térmica, transmitância e capacidade térmica com a base nos isolantes utilizados no sistema de fachada ventilada. Para homogeneidade dos resultados, analisaram-se todos os isolantes com espessura igual a 5 cm, câmara de ar espessura superior a 5 cm, com fluxo de calor na direção horizontal e desprezaram-se os valores de resistência térmica para os revestimentos devido as pequenas espessuras e valores próximos a zero.

Os cálculos realizados são apresentados no Anexo A e os resultados apresentados na Tabela 14. Para efeito de estudo, devido ao grande número de

combinações possíveis para revestimento e sistema de vedação vertical, optou-se por não analisar a influência do sistema de vedação, focando a classificação sobre o nível de proteção térmico de acordo com o emprego de isolantes utilizados no sistema de fachada ventilada, categorizando-os de acordo com sua eficiência.

Tabela 14 - Resistência, transmitância e capacidade térmica de acordo com o tipo de isolante,

<b>Isolante</b>	<b>Resistência térmica total (R<sub>T</sub>) m<sup>2</sup>.K/W</b>	<b>Transmitância térmica (U) W/m<sup>2</sup>.K</b>	<b>Capacidade Térmica (C<sub>T</sub>) kJ / m<sup>2</sup>.K</b>
Lã mineral	1,77	0,565	7,5
Espuma de vidro	1,59	0,629	3,5
Poliuretano	2,34	0,427	3,34
Poliuretano projetado	3,46	0,289	3,34
Poliestireno expandido	1,77	0,565	2,48
Poliestireno extrudido	1,77	0,565	2,84
Cortiça	1,55	0,666	0,4
Sem Isolante	0,34	1,470	-

Fonte: autoria própria.

Com base nos resultados obtidos a partir das diretrizes estabelecidas pela NBR 15220 : 2005, dividiu-se em intervalos de acordo com o tipo de isolante empregado, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Classificação do nível de proteção térmico

<b>Classificação do nível de proteção térmico</b>	<b>Material</b>
Excelente	Lã Mineral
Muito Bom	Espuma de Vidro / Poliuretano / Poliuretano projetado
Bom	Poliestireno expandido / Poliestireno extrudido
Regular	Cortiça
Insuficiente	Sem Isolante

Fonte: autoria própria.

### 3.5.2.2 *Nível de Permeabilidade*

A permeabilidade em uma fachada é fator fundamental para a proteção da edificação. A presença de umidade ocasiona o surgimento de patologias, provocando grande desconforto para os usuários e degradando os componentes dos sistemas responsáveis pela vedação externa da edificação.

A proteção a permeabilidade indica a capacidade de um objeto lidar com a entrada de sólidos e líquidos, em situações de ambientes severos. O padrão IEC 60529 é utilizado internacionalmente para classificação de proteção de permeabilidade avaliando o grau de eficácia a vedação contra entrada de objetos, água, poeira ou contato acidental. O código de proteção consiste duas letras, seguidas de dois números, conforme apresentado na Equação 5.

Equação 5 - Proteção contra entrada - Padrão IEC 60529

$$IP\ XY$$

Fonte: IEC 60529.

Onde:

IP = Proteção contra entrada

X = Proteção contra sólidos

Y = Proteção contra líquidos

O primeiro dígito corresponde a proteção contra sólidos. Dividido dos níveis 0 a 6, classifica a proteção de acordo com o tamanho do objeto, sendo o nível 0 correspondente a ausência de proteção contra contato ou entrada de objetos e 6 à prova de poeira e com proteção completa contra contato. O segundo número corresponde a proteção contra líquidos. Com níveis variando de 0 a 9, subdivide o nível de proteção quanto ao tamanho do objeto desde sem proteção contra entrada de líquidos (nível 0) a proteção contra jatos à curta distância, alta pressão e alta temperatura.

Observando as diretrizes apresentadas pelo padrão IEC 60529, as fachadas ventiladas podem ser categorizadas de acordo com as características da junta entre as placas de revestimento. Para sistemas com juntas abertas, a espessura entre placas consecutivas de revestimentos está no intervalo de 5mm a 12,5mm, logo possibilita a de entrada de objetos e líquidos. Para a pesquisa realizada, categorizou-se a fachada quanto ao nível de permeabilidade em permeável. Nos sistemas ventilados com juntas fechadas, possibilitam proteção completa contra partículas e água despejada em jatos potentes em qualquer direção. Para efeitos da pesquisa, classificou-se a fachada em impermeável. Na Tabela 16, é apresentada a classificação quanto ao nível de proteção a permeabilidade.

Tabela 16 - Classificação quanto ao nível de proteção a permeabilidade.

<b>Classificação do nível</b>	
<b>de proteção a</b>	<b>Material</b>
<b>permeabilidade</b>	
Permeável	Juntas Abertas – Possibilitando a entrada de sólidos e líquidos
Impermeável	Juntas Fechadas – Proteção completa contra entrada de sólidos e líquidos

Fonte: autoria própria.

### 3.6 Estudo de caso

Os dados coletados para realização do estudo de caso foram obtidos por meio de visitas técnicas realizadas mensalmente durante o período de elaboração do trabalho, com registro de imagens e etapas do processo.

A edificação objeto de estudo está localizada em área nobre da cidade de Fortaleza-CE, composta de uma torre multifamiliar apresenta 16 pavimentos e 66 unidades habitacionais. De acordo com projeto arquitetônico e expertise da construtora, optou-se pelo sistema de fachada ventilada para revestimento externo da edificação, a fim de proporcionar vantagens técnicas para os moradores e construtora. Na Figura 64, apresenta-se a fachada objeto do estudo de caso.

Figura 64 - Fachada Ventilada - Estudo de caso



Fonte: autoria própria.

Com base nas informações coletadas e critérios de classificação apresentados no item 4.5, realizou-se a análise do sistema em execução, categorizando qualitativamente quanto à tipologia de execução, materiais e ancoragem e qualidade do nível de proteção térmica e permeabilidade.



- Modo de Produção

Os componentes do sistema de fachada são entregues separadamente de acordo com os quantitativos elaborados pela equipe de obra. A montagem dos perfis da estrutura de suporte é executada em uma central de montagem (Figura 65) e encaminhados aos locais de produção através de elevador de coluna posicionados próximos a equipe de produção.

Figura 65 - Central de montagem dos perfis



Fonte: autoria própria.

- Ancoragem

O sistema estudado, representado na Figura 66, apresenta estrutura de suporte em alumínio fixado diretamente a estrutura de concreto por meio de cantoneira e parafuso chumbador mecânico.

Figura 66 - Sistema de ancoragem fixado a estrutura de concreto



Fonte: autoria própria.

- Material para isolamento

Na referida obra, não foi utilizado material para isolamento térmico.

- Material de revestimento

O material empregado para o revestimento externo da fachada é o cerâmico – Porcelanato Elizabeth Polar Esmaltado 61 x 61 na cor branca e o Porcelanato Elizabeth Collor Graffiti Natural 62,5 x 62,5 na cor cinza (Figura 67).

Figura 67 - Revestimentos



Fonte: autoria própria.

- Fixação do revestimento

O revestimento é fixado à estrutura de suporte através de *inserts* metálicos parafusados aos perfis de alumínio, conforme apresentado na Figura 68. Os *inserts* e parafusos são fabricados com aço inoxidável com AISI 304 e se encontram posicionados nos vértices do revestimento. São responsáveis por sustentar diretamente duas peças de revestimento na face superior e duas indiretamente na face inferior. Após a colocação do revestimento, fica visível parte do *insert* na face da fachada.

Figura 68 - Fixação do revestimento



Fonte: autoria própria.

- Juntas

As juntas entre as peças de revestimento externo apresentam afastamento de 6mm e estão posicionadas na perpendicular em relação a fachada. As juntas não recebem nenhum tipo de tratamento, sendo mantidas abertas a fim de

proporcionar a troca térmica entre câmara de ar e o meio externo, evitando a condensação interna.

- Nível de proteção térmico

Em virtude da inexistência de material isolante no sistema de fachada ventilada estudado, considera-se insuficiente para efeito comparativo em relação aos demais materiais isolantes disponíveis para aplicação.

- Nível de permeabilidade

Conforme observado, as juntas entre revestimentos são abertas, possibilitando a entrada mínima de partículas sólidas com dimensão inferior ao espaçamento entre placas consecutivas e água proveniente de precipitação. A fim de minimizar os efeitos da umidade, realizou-se a impermeabilização do substrato com membrana acrílica flexível em toda a superfície revestida.

O sistema objeto de estudo apresenta a classificação quanto à tipologia do modo de produção, materiais e ancoragem, conforme apresentados na Tabela 17 e classificação qualitativa em relação ao nível de proteção térmica e permeabilidade apresentados na Tabela 18.

Tabela 17 - Classificação quanto à tipologia - Estudo de caso

<b>Classificação quanto à tipologia</b>	
<b>Critério</b>	<b>Classificação</b>
Produção	Moldada in loco
Ancoragem	Direta
Material para isolamento	-
Material para revestimento	Cerâmico
Fixação do revestimento	A vista
Juntas	Abertas

Fonte: autoria própria.

Tabela 18- Classificação quanto à qualidade - Estudo de caso

<b>Classificação quanto à qualidade</b>	
<b>Critério</b>	<b>Classificação</b>
Nível de Proteção Térmica	Insuficiente
Nível de Permeabilidade	Permeável

Fonte: autoria própria.

## 4 RESULTADOS E ANÁLISE

A partir do estudo realizado, foi possível observar a variedade de tipos, características e modelos utilizados para o sistema de fachada ventilada. Com base nos objetivos, procurou-se durante a pesquisa obter características comuns de forma a categorizar o sistema em macrotópicos a fim de agrupar. Para isso, optou-se pela utilização de variáveis qualitativas nominais. De acordo com a definição exposta, as variáveis qualitativas nominais são aquelas que identificam como característica uma qualidade ou atributo, não apresentando nenhum tipo de ordenação, ou seja, os elementos são alocados em categorias que não possuem ordem entre si.

O sistema ventilado foi dividido em 2 macrotópicos, quanto à tipologia e quanto à qualidade. O tópico quanto à tipologia, subdividiu-se em 6 categorias de classificação, agrupando características comuns entre os mais variados tipos de modelos de fachada ventilada de forma generalizada a descrever sua função. As categorias de classificação quanto à tipologia são:

- Modo de Produção;
- Tipo de Ancoragem;
- Material para isolamento;
- Material para revestimento;
- Modo de fixação do revestimento;
- Tipo de Junta.

Para o macrotópico quanto à qualidade, subdividiu-se em 2 níveis de classificação, relacionados com o nível de proteção térmica e permeabilidade. O sistema de revestimento externo juntamente com o sistema de vedação, é responsável por regular e definir o desempenho térmico da edificação. Desta forma, devido às diversas possibilidades de sistemas de vedação, optou-se por centralizar a análise da proteção térmica nos isolantes empregados nas fachadas. A proteção térmica está diretamente relacionada com a eficiência do material isolante para

proteção do ambiente externo da edificação. Logo, as categorias de classificação quanto à qualidade são:

- Nível de proteção térmica;
- Nível de permeabilidade.

#### 4.1 Proposta de classificação da fachada ventilada

Com base nos critérios de classificação abordados no item anterior, confeccionou-se as Tabelas 19 e 20 com as classificações quanto à tipologia e qualidade, subdividindo em categorias para o sistema de fachada ventilada. A Tabela 19 apresenta categorias agregadas em tipologias do modo de produção, materiais e ancoragens, categorizando os diferentes tipos de sistemas de fachada ventiladas disponíveis e executados no mercado mundial.

Tabela 19 - Critérios de classificação quanto à tipologia

<b>Critério</b>	<b>Classificação</b>
Produção	Montada in loco / Pré-fabricada
Ancoragem	Direta / Indireta
Material para isolamento	Lã mineral / Espuma de vidro / Poliuretano / Poliuretano projetado / Poliuretano expandido / Poliestireno extrudido / Cortiça / Outro.
Material para revestimento	Pedra Natural / Cerâmica / Metal / Fenólicos / Naturocimento / Vidro / Madeira Modificada / Plástico / Painéis Fotovoltaicos / Outro.
Fixação do revestimento	A vista / Oculta
Juntas	Abertas / Fechadas

Fonte: autoria própria.

A Tabela 20, apresenta a proposta de classificação para um sistema de fachada ventilada qualitativa quanto ao nível de proteção térmica e nível de permeabilidade do sistema, utilizando critérios estabelecidos na norma NBR 15.220 : 2015 e NBR 15.575 : 2005 para análise térmica e IEC 60529 para nível de permeabilidade.

Tabela 20 – Critérios de classificação quanto a qualidade

<b>Critério</b>	<b>Classificação</b>
Nível de Proteção Térmica	Excelente, Muito Bom, Bom, Regular e Insuficiente
Nível de Permeabilidade	Permeável / Impermeável

Fonte: autoria própria.



## 5 CONCLUSÃO

Diante do material apresentado neste trabalho, conclui-se que o sistema de ventilado, apesar de ser amplamente executado em países do hemisfério norte, ainda se encontra em processo de implantação no Brasil. Na busca por sistemas eficientes e competitivos, o sistema de revestimento externo em fachada ventilada vem se popularizando devido as suas vantagens técnicas e comerciais em comparação com o sistema convencional.

Na realização do trabalho, observou-se um elevado número de pesquisas e artigos internacionais evidenciando o interesse da academia sobre o tema. Além disso, verificou-se um aumento das pesquisas relacionadas ao sistema nos últimos 10 anos, principalmente nas regiões sul e sudeste do país, onde o clima e técnicas construtivas maximizam suas vantagens.

A união de informações sobre o histórico, conceitos, componentes e suas características, somados as etapas do processo, permitiu relacionar os benefícios da utilização do sistema, promovendo uma base forte para a pesquisa. Diante disso, o trabalho conseguiu cumprir os objetivos de apresentar de forma ampla os materiais e o processo executivo, identificando as vantagens e desvantagens ao uso do sistema de fachada ventilada.

As informações obtidas foram fundamentais para a análise e elaboração da proposta de classificação do sistema de acordo com critérios qualitativos quanto à tipologia do método de produção, matérias e ancoragem, e critérios qualitativos quanto ao nível de proteção térmico e permeabilidade, conforme classificação proposta no trabalho e apresentada na verificação do estudo de caso. Assim, conclui-se que a metodologia utilizada atendeu ao desenvolvimento do trabalho cumprindo todos os objetivos de forma satisfatória.

## REFERÊNCIAS

AIPEX, Asociación Ibérica de Poliestireno Extrudido. **Aplicações**. Barcelona, Espanha, 2019. Disponível em: <https://aipex.es/pt-pt/aplicacoes/>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

AKFIX. **What is Spray Polyurethane Foam?** Istanbul, 2020. Disponível em: <https://www.akfix.com/en/blog/what-is-spray-polyurethane-foam-insulation-foam>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

ALUMIGLASS, **ACM**, Belo Horizonte, 2020, Disponível em: <http://www.alumiglassnet.com.br/acm-aluminio-composto/>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

ARCHIEXPO, **Fachada ventilada em pedra**. 2019. Disponível em: <https://www.archiexpo.com/pt/prod/pespa-alumin/product-62511-1616840.html>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

ARCHIEXPO, **Revestimento de fachada em painéis**. Itatiba, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.archiexpo.com/pt/prod/viroc-portugal-industrias-madeira-cimento-sa/product-104048-1078877.html>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

ARCHIPRODUCTS, **Painel para fachada de zinco**. Bari, Itália, 2021. Disponível em: [https://www.archiproducts.com/pt/produtos/vmzinc/painel-para-fachada-de-zinco-vmzinc\\_288380](https://www.archiproducts.com/pt/produtos/vmzinc/painel-para-fachada-de-zinco-vmzinc_288380). Acesso em 20 de Novembro de 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 13006: Placas Cerâmicas – Definições, classificação, características e marcação**. São Paulo, 2020.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.575 Edificações habitacionais - Desempenho**. São Paulo, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.220 Desempenho térmico de edificações**. São Paulo, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR IEC 60529 : Proteção contra o ingresso de poeira e de água.** São Paulo, 2020.

BLAZIUS, C. M. **Fachada ventilada: Materiais e técnicas adotadas no Brasil e no exterior.** Departamento acadêmico de construção civil. Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Florianópolis, 2019.

CARNEIRO, L. B; **O sistema de fachadas ventiladas: Análises e especificação.** Curso de Especialização em Engenharia Civil, Escola de Engenharia UFMG, Minas Gerais, 2015.

CAUSS, L. W. **Sistema de fachada ventilada em edificações: características, métodos executivos e aplicações.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

CHING, D.K.F; ONOUYE, B.S.; ZUBERBUHLER, D. **Sistemas Estruturais ilustrados – Padrões, sistemas e projeto.** Porto Alegre, Bookman, 2010.

CONNOR, N. **Thermal Engineering. O que é vidro de espuma – vidro celular – definição.** 2019. Disponível em: <https://www.thermal-engineering.org/pt-br/o-que-e-vidro-de-espuma-vidro-celular-definicao/>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

CONNOR, N. **Thermal Engineering. O que é Isolamento de Cortiça – Definição.** 2019. Disponível em: <https://www.thermal-engineering.org/pt-br/o-que-e-isolamento-de-cortica-definicao/>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

CONSTRULINK, **Dossiê técnico-económico – Fachada Ventilada,** 2006.

CUNHA, M. M. F. **Desenvolvimento de um sistema construtivo para fachadas ventiladas.** Dissertação. Mestrado em Construção de Edifícios. Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2006.

DIREITO, J. F. **Estudo da segurança contra incêndio em fachadas ventiladas.** Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.

DUTRA, M. R. **Caracterização de revestimentos em fachadas ventiladas. Análise do comportamento.** Dissertação. Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal, 2010.

FERNANDES, G. S. **Chumbadores mecânicos: 4 diferenças entre Parabolt e Hardbolt.** São Paulo, 2019. Disponível em: <https://blog.hard.com.br/chumbadores-mecanicos-4-diferencas-entre-parabolt-e-hardbolt/>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

GOETGHELUCK, Laurent. **Isolation thermique par l'extérieur en rénovation.** Batirama, França, 06 abr. 2011. Disponível em: <https://www.batirama.com/article/2108-isolation-thermique-par-l-exterieur-en-renovation.html>. Acesso em 04 de Dezembro de 2021.

HOTZA, D; OLIVEIRA, A. P. N. **Tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos.** 2ª Edição. Santa Catarina. Editora UFSC, 2015.

INDUFIX PARAFUSOS E PORCAS. **O que é chumbador químico?** São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.indufix.com.br/o-que-e-chumbador-quimico/>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

ISAR Isolamentos Acústicos. **Lã de Vidro ou Lã de Rocha – Entenda as diferenças e saiba qual a melhor para cada necessidade.** São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.isar.com.br/blog/isolamento-termico/la-de-vidro-ou-la-de-rocha-entenda-as-diferencas-e-saiba-qual-melhor-para-cada-necessidade/#>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

LAMBERTS, R. **Conforto e Stress térmico.** Laboratório de Eficiência Energética de Edificações. Florianópolis: UFSC, 2014.

LIVEPLACE, **Revestimento térmico de fachadas – Fachada Ventilada Trespa**, Sabugal, Portugal, 2021. Disponível em: <http://www.live-place.com/solucao/reabilitacao-termica-com-fachada-ventilada/>. Acesso em 28 de Novembro de 2021.

MEDEIROS, J. S; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Boletim Técnico – Série BT/OCC/246. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

MENDES, F. M. V. P. **Durabilidade das fachadas ventiladas - Aplicação da norma ISO 15686-1**. Dissertação. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.

MOREIRA, M. **Fachadas de ACM – Vantagens**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://forthlux.com.br/fachadas-de-acm-vantagens/>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

MOTTIN, M. H. **Isolamento térmico em fachadas pelo exterior: Redução do consumo energético da edificação para fins de conforto térmico**. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Vale do Taquari, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2015.

MOURA, E. **Fachadas respirantes – Fachadas ventiladas combinam funções estéticas com o bom desempenho térmico, além de contribuir para reduzir cargas do condicionamento de ar**. Revista Técnica, 2010.

MÜLLER, A.; ALARCON, O.E. **Desenvolvimento de um sistema de fachada ventilada com placas cerâmicas de grês porcelanato voltado para a construção civil do Brasil**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PLASTTOTAL. **Alta densidade: Como escolher o modelo de poliestireno expandido de acordo com a densidade**. São Paulo, 2019. Disponível em:

<https://www.plasttotal.com.br/blog/alta-densidade-como-escolher-o-modelo-de-poliestireno-expandido-de-acordo-com-a-densidade/>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

RIBEIRO, F. A. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: Levantamento do Estado da Arte**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SABBATINI, F.H.; FRANCO, L.S. **Tecnologia de vedações verticais**. Notas de aula da disciplina de pós-graduação - PCC 5012. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

SILVA, M. N. P da; BARRIONUEVO, B. U. S; FEITOSA, I. M.; SILVA, G. S. **Revestimentos cerâmicos e suas aplicações**. Ciências Exatas e tecnológicas. Cadernos de Graduação. Volume 2, Número 3, Maceió, Alagoas, 2015.

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

SOUSA, F. M. F.; **Fachadas Ventiladas em Edifícios – Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento**. Dissertação. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.

WANDEGAR, **Fachada Ventilada**, Castellón, Espanha, 2019. Disponível em: <http://www.wandegar.com/pt/sistemas-pt/fachada-ventilada/ventilated-facades-rediwa-cat-3-hidden-clip/>. Acesso em 28 de Novembro de 2021.

## Anexo A

### Resistência Térmica dos Isolantes

Tabela 21 - Resistência térmica dos isolantes

Isolante	Condutividade	Espessura da	Resistência
	térmica ( $\lambda$ )	camada (e)	térmica (R)
	W / m.K	m	m <sup>2</sup> .K/W
Lã mineral	0,035	0,05	1,43
Espuma de vidro	0,040	0,05	1,25
Poliuretano	0,025	0,05	2,00
Poliuretano projetado	0,016	0,05	3,12
Poliestireno expandido	0,035	0,05	1,43
Poliestireno extrudido	0,035	0,05	1,43
Cortiça	0,043	0,05	1,16
Ar	-	>5 cm	0,17

Fonte: autoria própria.

### Resistência Térmica Total

Para determinação, considerou-se a resistência térmica do sistema formado por camada de ar e camada isolante.

Tabela 22 - Resistência térmica total dos isolantes

<b>Isolante</b>	<b>Resistência superficial externa (<math>R_{se}</math>)</b> <b><math>m^2.K/W</math></b>	<b>Resistência térmica ar (<math>R_{ar}</math>)</b> <b><math>m^2.K/W</math></b>	<b>Resistência térmica (<math>R_t</math>)</b> <b><math>m^2.K/W</math></b>	<b>Resistência superficial interna (<math>R_{si}</math>)</b> <b><math>m^2.K/W</math></b>	<b>Resistência térmica total (<math>R_T</math>)</b> <b><math>m^2.K/W</math></b>
Lã mineral	0,13	0,17	1,43	0,04	1,77
Espuma de vidro	0,13	0,17	1,25	0,04	1,59
Poliuretano	0,13	0,17	2,00	0,04	2,34
Poliuretano projetado	0,13	0,17	3,12	0,04	3,46
Poliestireno expandido	0,13	0,17	1,43	0,04	1,77
Poliestireno extrudido	0,13	0,17	1,43	0,04	1,77
Cortiça	0,13	0,17	1,16	0,04	1,55
Sem isolante	0,13	0,17	-	0,04	0,34

Fonte: autoria própria.



## Transmitância Térmica

Tabela 23 - Transmitância térmica dos isolantes

<b>Isolante</b>	<b>Resistência térmica total (R<sub>T</sub>) m<sup>2</sup>.K/W</b>	<b>Transmitância térmica (U) W/m<sup>2</sup>.K</b>
Lã mineral	1,77	0,565
Espuma de vidro	1,59	0,629
Poliuretano	2,34	0,427
Poliuretano projetado	3,46	0,289
Poliestireno expandido	1,77	0,565
Poliestireno extrudido	1,77	0,565
Cortiça	1,55	0,666
Sem Isolante	0,34	1,470

Fonte: autoria própria.

## Capacidade Térmica

Tabela 24 - Capacidade térmica dos isolantes

<b>Isolante</b>	<b>Espessura (e) m</b>	<b>Calor Específico (c) kJ/ kg.K</b>	<b>Densidade Kg/m<sup>3</sup> (ρ)</b>	<b>Capacidade Térmica (C<sub>T</sub>) kJ / m<sup>2</sup>.K</b>
Lã mineral	0,05	0,75	200	7,5
Espuma de vidro	0,05	0,70	100	3,5
Poliuretano	0,05	1,67	40	3,34
Poliuretano projetado	0,05	1,67	40	3,34
Poliestireno expandido	0,05	1,42	35	2,48
Poliestireno extrudido	0,05	1,42	40	2,84
Cortiça	0,05	0,04	200	0,4
Sem Isolante	0,05	-	-	-

Fonte: autoria própria.