

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**João Vítor Casali Ricardo**

**FACHADAS VENTILADAS: CARACTERIZAÇÃO DO  
SISTEMA E DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS FATORES PARA  
PROJETO E MANUTENÇÃO**

Porto Alegre  
Setembro de 2023

**JOÃO VÍTOR CASALI RICARDO**

**FACHADAS VENTILADAS: CARACTERIZAÇÃO DO  
SISTEMA E DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS FATORES PARA  
PROJETO E MANUTENÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de  
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Luciani Somensi Lorenzi**

Porto Alegre  
Setembro de 2023

**JOÃO VÍTOR CASALI RICARDO**

**FACHADAS VENTILADAS: CARACTERIZAÇÃO DO  
SISTEMA E DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS FATORES PARA  
PROJETO E MANUTENÇÃO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, setembro de 2023

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof.<sup>a</sup> Luciani Somensi Lorenzi (UFRGS)**  
Dr.<sup>a</sup> pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

**Prof.<sup>a</sup> Lais Zucchetti (UFRGS)**  
Dr.<sup>a</sup> pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Engenheira Roberta Picanço Casarin (UFRGS)**  
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, por proporcionarem um ambiente familiar nada menos que perfeito para minha formação pessoal, profissional e acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Prof.<sup>a</sup> Luciani, orientadora deste trabalho, pela dedicação e pelos conhecimentos indispensáveis para o cumprimento dessa atividade, e principalmente, por aceitar a difícil missão de auxiliar-me na elaboração desta tarefa de conclusão com tão pouco tempo disponível.

Agradeço à Prof.<sup>a</sup> Lais, pela extrema solicitude em resolver inúmeras questões e pendências que os formandos do presente semestre encontraram e em especial, minha situação, certamente esses momentos finais da minha formação somente foram possíveis graças a seus esforços.

Agradeço aos meus amigos, companheiros de jornada, e singularmente à querida Charlotte Gupta. Eles tornaram a minha graduação inesquecível e proveitosa, ajudando para que todos os percalços enfrentados durante esse tempo se tornassem somente pedras no meio do caminho da minha vida.

Sociedade nenhuma pode existir se nela não reina em algum grau o respeito pelas leis; porém o mais seguro, para que as leis sejam respeitadas, é que elas sejam respeitáveis.

*Frédéric Bastiat*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes da fachada ventilada em vista explodida .....	4
Figura 2 – Painel cerâmico .....	4
Figura 3 – Painel cerâmico reforçado .....	4
Figura 4 – Painel de GRC .....	4
Figura 5 – Ampliação do complexo hospitalar Santa Casa de Misericórdia .....	5
Figura 6 – Renovação de fachada utilizando o sistema de fixação de fachadas ventiladas com utilização de placas cerâmicas e placas fotovoltaicas .....	5
Figura 7 – Sistema de fixação visível .....	6
Figura 8 – Sistema de fixação oculto.....	6
Figura 9 – Partes específicas do sistema de fixação de fachada ventilada .....	7
Figura 10 – Detalhe em corte lateral da porção inferior do sistema de fixação da fachada ventilada .....	8
Figura 11 – Detalhe em corte lateral da porção superior do sistema de fixação da fachada ventilada .....	8
Figura 12 – Efeito chaminé .....	8
Figura 13 – Manutenção de placa de interesse em fachadas ventiladas .....	13

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação do sistema de vedação como base para revestimento não-aderido .....	11
--	----



## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CSTB – Centro Científico e Técnico para a Construção (traduzido do francês)

GRC – Concreto Reforçado com Fibra de Vidro (traduzido do inglês)

NBR – Norma Brasileira

SVVIE – Sistemas de Vedação Vertical Interna e Externa

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNI – Ente Italiano de Normatização

WRI – Instituto de Recursos Mundial (traduzido do inglês)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivos .....	2
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
2.1. Fachadas ventiladas .....	3
2.1.1. Componentes .....	3
2.1.1.1. Revestimento .....	4
2.1.1.2. Sistema de fixação .....	6
2.2. Efeito chaminé .....	8
2.3. Retrofit .....	9
2.3.1. Descrição do conceito .....	9
2.3.2. Retrofit com fachadas ventiladas .....	9
<b>3. MÉTODO .....</b>	<b>10</b>
<b>4. ANÁLISE TÉCNICA .....</b>	<b>11</b>
4.1. Viabilidade Estrutural .....	11
4.2. Compatibilidade de materiais .....	12
4.3. Manutenção .....	12
4.4. Sustentabilidade .....	13
4.4.1. Regulação térmica .....	14
4.4.2. Durabilidade .....	15
4.4.3. Potencial para energia solar .....	15
4.4.4. Retrofit como forma de diminuir resíduos .....	15
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>16</b>
5.1. Conclusão .....	16
5.2. Sugestões de continuidade de estudos .....	17
5.2.1. Normalização do sistema de fachadas ventiladas no Brasil .....	17
5.2.2. Retrofit em conjunto com fachadas ventiladas com ênfase estrutural em tipos habitacionais brasileiros .....	17
5.2.3. Sustentabilidade dos materiais e comparação com abordagens convencionais .....	17
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>17</b>

# FACHADAS VENTILADAS: CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA E DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS FATORES PARA PROJETO E MANUTENÇÃO

## VENTILATED FACADES: SYSTEM CHARACTERIZATION AND DISCUSSION OF KEY FACTORS FOR DESIGN AND MAINTENANCE

### RESUMO

Em um cenário de necessidade sustentável em indústrias e na construção, as fachadas ventiladas emergem como uma inovação arquitetônica, unindo estética diversificada, eficiência energética e redução do impacto ambiental. Assim, este estudo analisa o sistema de fachada ventilada, concentrando-se em sua caracterização geral e nos mecanismos subjacentes ao funcionamento. Além disso, é examinada a viabilidade de implementação em edifícios existentes e em uso, assim como melhorias em prédios verticais por meio do *retrofit*. Baseando-se em uma pesquisa o trabalho utiliza fontes de profissionais e acadêmicos na construção civil, o estudo explora a aplicação das fachadas ventiladas considerando implicações técnicas, estéticas e ambientais. A análise aborda elementos de projeto e manutenção, enfatizando viabilidade técnica com foco em análise estrutural, compatibilidade de materiais, manutenção e sustentabilidade. As fachadas ventiladas, formadas por revestimento desvinculado da estrutura, demonstram complexidade, sendo que os elementos centrais são formados por revestimento, estrutura de fixação e abertura para o "efeito chaminé". A atratividade para *retrofit* é amplificada pela diversidade estética e potencial fotovoltaico. Conclui-se que uma análise interdisciplinar garante viabilidade técnica, durabilidade e funcionalidade.

Palavras-chave: Fachadas Ventiladas. Retrofit. Efeito chaminé.

### ABSTRACT

In a scenario of sustainable needs in industries and construction, ventilated facades emerge as an architectural innovation, combining diverse aesthetics, energy efficiency, and environmental impact reduction. Thus, this study analyzes the ventilated facade system, focusing on its general characterization and the underlying mechanisms of its operation. Furthermore, the feasibility of implementation in existing and in-use buildings is examined, as well as improvements in vertical buildings through retrofitting. Based on research this work draws upon sources from professionals and academics in the construction industry, exploring the application of ventilated facades considering technical, aesthetic, and environmental implications. The analysis addresses design and maintenance elements, emphasizing technical feasibility with a focus on structural analysis, material compatibility, maintenance, and sustainability. Ventilated facades, comprised of a detached cladding system, demonstrate complexity, with core elements consisting of cladding, fixing structure, and openings for the "stack effect." The appeal for retrofitting is enhanced by aesthetic diversity and photovoltaic potential. It is concluded that an interdisciplinary analysis ensures technical viability, durability, and functionality.

Keywords: Ventilated Facades. Retrofit. Stack Effect.

## 1. Introdução

A fachada ventilada é um sistema de revestimento externo separado da estrutura principal de um edifício, criando uma câmara de ar entre eles. O sistema de fachada ventilada é uma abordagem moderna e inteligente usada em construções de edificações que buscam melhorar tanto sua aparência quanto seu desempenho, mais especificamente na eficiência energética.

Entretanto, antes de entender o sistema, explica-se a etimologia e o contexto técnico que inspirou a criação desse sistema. O termo “fachada” é de difícil definição objetiva, mesmo as normas e legislações oficiais não a caracterizam indubitavelmente. A ABNT NBR 15575-1 (2021), descreve (fachada), somente como superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal. A norma não faz maiores distinções sobre sistemas, obstruções ou aberturas.

O caso é tão problemático que foi tema de discussão do XV COBREAP (Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias) de 2009, ou seja, até mesmo peritos relatam dificuldades em sua definição. Na ata resumo do referido congresso, tem-se um entendimento final acordado acerca da definição de fachada em uma edificação:

“[...] Em uma edificação tudo que estiver na estrutura (de vedação externa), vidros, pérgulas, portas, janelas e esquadrias, até a linha delimitada pelo telhado, é considerado fachada. [...] o elemento arquitetônico representa os elementos construtivos de uma edificação. Nas fachadas, todos os elementos inseridos nas faces podem ser considerados elementos arquitetônicos, tais como: esquadrias; pilares; beirais; ornatos; vidros; pérgulas; telhados; coberturas entre outros.” (XV COBREAP, 2009, p. 2 e 27).

Caracterizado sua definição, há de destacar-se a importância das fachadas para uma edificação. As fachadas desempenham um papel fundamental na identidade visual e na funcionalidade de um edifício. Além de sua função estética, as fachadas atuam como a primeira barreira protetora contra as ações climáticas: penetração da luz solar, do calor, do vento e principalmente da chuva e umidade. Para Herzog, Krippner e Lang (2004), o papel da fachada é ainda mais amplo:

“A fachada é a camada de separação e filtradora entre o exterior e o interior, entre a natureza e os espaços interiores ocupados pelas pessoas. Em termos históricos, a razão primordial para criar uma barreira eficaz entre o interior e o exterior é o desejo de proteção contra um mundo exterior hostil e condições climáticas adversas. Diversos outros requisitos foram adicionados a essas funções de proteção: iluminação no interior, uma taxa adequada de troca de ar, uma relação visual com o entorno, mas, ao mesmo tempo, uma fronteira entre a esfera privada e as áreas públicas. Medidas especiais tornam possível regular tais aberturas. Assim, isso leva a funções de controle e regulação sendo adicionadas às funções de proteção.” (Herzog, Krippner e Lang, 2004, p. 18)

Portanto, o sistema de fachada também desempenha um papel vital na habitabilidade da edificação, ou seja, não somente no aspecto físico, mas em questões que promovam o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas que a habitam. Dentre os fatores que determinam a habitabilidade geral de uma construção, o tipo de fachada é principalmente importante na estanqueidade à água da chuva e no desempenho térmico, acústico e lumínico.

### 1.1. Objetivos

O presente trabalho se propõe a abordar o sistema de fachada ventilada, com um foco preponderante na sua caracterização geral. Adicionalmente, será empreendida uma análise dos mecanismos subjacentes ao funcionamento desse sistema, bem como a viabilidade estrutural, análise de manutenibilidade e de durabilidade em edificações já existentes e em uso.

Como objetivos secundários, busca-se (a) analisar como a incorporação da fachada ventilada pode proporcionar melhorias substanciais em edificações verticalizadas, particularmente por meio do processo de *retrofit* e (b) explorar como a aplicação da fachada ventilada pode revitalizar edifícios existentes, considerando tanto suas implicações técnicas quanto estéticas.

A delimitação do estudo é constituída de uma análise das características qualitativas que permeiam o sistema de fachada ventilada. Com isso, pretende-se oferecer uma compreensão dos atributos que distinguem esse sistema, abrangendo as características técnicas, qualidades funcionais e suas implicações estéticas e ambientais.

O estudo está centrado principalmente no sistema de fachada ventilada que faz uso de revestimento cerâmico, é importante enfatizar que a abordagem não se restringirá somente a essa categoria. Em momentos apropriados, serão contempladas considerações pertinentes a fachadas em vidro, de revestimento aderido e metálicas, ampliando assim a compreensão das possibilidades e limitações do sistema em diferentes contextos construtivos. As eventuais comparações serão pontuais e explicitadas.

Outro ponto abordado no estudo diz respeito a identificação e exposição de cada elemento que compõem o sistema de fachada ventilada em sua integralidade, permitindo uma compreensão de suas particularidades e funcionamento. Este trabalho não abrange a parte orçamentária e de viabilidade financeira associada à implantação do sistema de fachada ventilada. O estudo não versa sobre cálculos quantitativos ou investigações analíticas pormenorizadas sobre os benefícios e limitações do sistema de fachada ventilada.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Fachadas ventiladas

No Brasil, as normas ainda não especificam o sistema de fachada ventilada. Em termos mundiais, a Itália foi uma das pioneiras na caracterização desse sistema, a norma italiana mais atual, a UNI 11018 (2003), descreve-a como:

“Uma fachada protuberante com uma cavidade na qual o revestimento e a parede são projetados para permitir que o ar presente nela flua, devido ao efeito chaminé, de maneira natural e/ou controlada artificialmente, de acordo com as necessidades sazonais e/ou diárias, com o objetivo de melhorar o desempenho termo-energético.”  
UNI 11018, 2003, p. 12).

Na tradução da norma italiana, destaca-se dois trechos: efeito chaminé e o termo-energético. A primeira expressão será explorada no item 2.2. O termo final, em que a própria norma une desempenho térmico ao custo energético em uma única palavra, evidencia como ambos estão amplamente interligados. Segundo o WRI Brasil (2018), as edificações do Brasil correspondem por aproximadamente 51% do consumo de energia elétrica do país, logo, justifica-se a união da questão térmica ao custo energético das edificações, principalmente no âmbito de aumentar a eficiência de um em relação ao outro.

#### 2.1.1. Componentes

Uma fachada ventilada é composta simplificadamente por duas partes: revestimento e sistema de fixação, acoplados às paredes externas da edificação (Figura 1). Existe a possibilidade técnica de se adicionar à fachada algum material isolante termoacústico, como mantas de lã de rocha ou de lã de vidro, colocado entre os perfis verticais das estruturas metálicas (item número 2 da Figura 1), entretanto, tal elemento é opcional, somente cumprindo a função de melhorar ainda mais os desempenhos térmicos e acústicos do sistema.

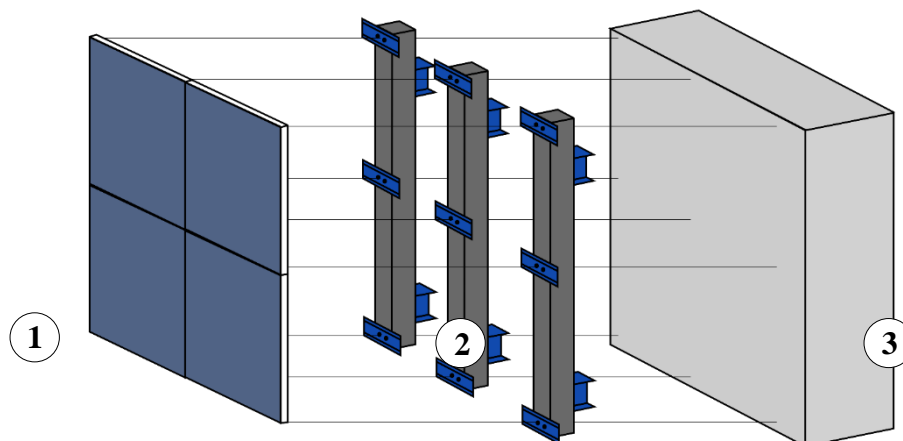


Figura 1: Componentes da fachada ventilada em vista explodida, cores fantasia. 1 – revestimento, 2 – sistema de fixação, 3 – paredes externas. Fonte: autoria própria

### 2.1.1.1.Revestimento

Segundo Medeiros (2009), a fachada ventilada se beneficiou muito com o progresso das últimas décadas nos materiais de revestimento que unem alta performance técnica e estética, tornando viável desenvolver fachadas ventiladas altamente eficientes e com notável resistência às flutuações higrotérmicas (variações térmicas desconfortáveis para o usuário) e às influências atmosféricas em geral.

Atualmente, o revestimento do sistema de fachadas ventiladas pode ser incorporado com os mais diversos materiais, a citar os formados por painéis de: pedra natural, porcelanato, cerâmica, cerâmica reforçada, alumínio composto, composição fenólica, concreto polimérico, GRC (Concreto Reforçado com Fibra de vidro), concreto têxtil, madeira natural, HPL (Laminado de Madeira de Alta Pressão), madeira plástica (WPC), chapas metálicas, ACP/ACM (Alumínio) e até mesmo vidro (Dutra, 2010). As Figuras 2, 3 e 4 apresenta exemplos de revestimento do sistema de fachada ventilada.

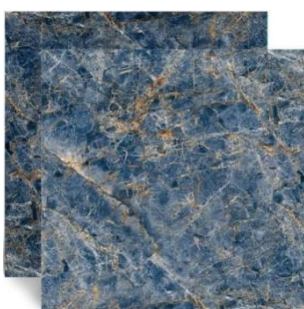


Figura 2: Painel cerâmico.  
Fonte: Eliane Tec (2023)



Figura 3: Painel cerâmico reforçado. Fonte: Favaker (2023)



Figura 4: Painel de GRC.  
Fonte: UKFR(2023).

Na cidade de Porto Alegre, uma importante obra a utilizar o sistema de fachada ventilada foi inaugurada em 2022, a ampliação do complexo hospitalar da Santa Casa de Misericórdia na Av. Osvaldo Aranha. Nessa obra, conforme especificação da construtora TEDESCO (Gindri 2022), foram utilizadas placas de porcelanato de 60x120x1cm para revestimento, (Figura 5).

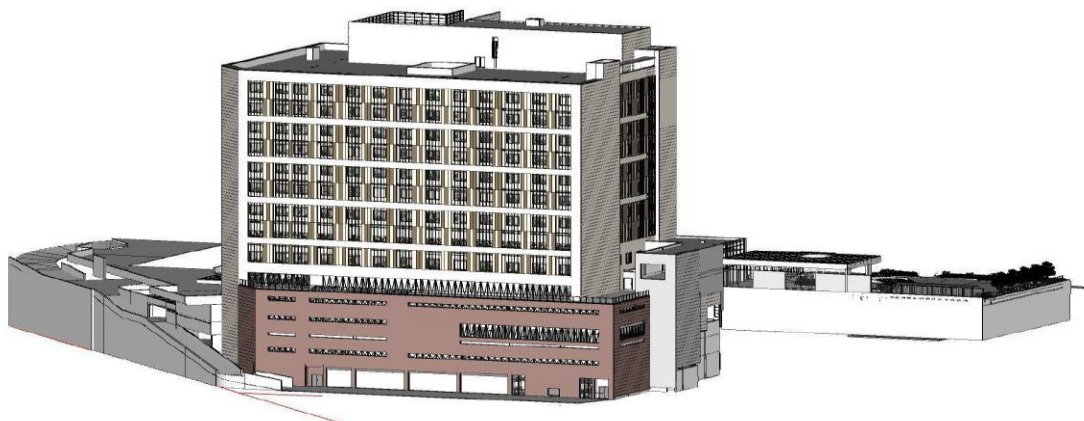


Figura 5: Fachada ventilada nas áreas de cores brancas e terrosas (ampliação do complexo hospitalar Santa Casa de Misericórdia). Fonte: Gindri (2022)

O sistema de fachadas ventiladas ainda é flexível a ponto de permitir que sejam acopladas placas fotovoltaicas em sua estrutura. Martín-Chivelet et. al. (2018) apresentou isso na renovação de um prédio público na Espanha, em que se optou por colocar painéis fotovoltaicos diretamente na fachada da edificação (Figura 6), ao invés de instalá-los sob a cobertura, como seria o tradicional.



Figura 6: Renovação de fachada utilizando o sistema de fixação de fachadas ventiladas com utilização de placas cerâmicas e placas fotovoltaicas (destaque em vermelho).  
Fonte: adaptado de Martín-Chivelet et. al. (2018)

### 2.1.1.2. Sistema de fixação

De acordo com Siqueira Jr. (2003), o sistema de fixação das fachadas ventiladas pode ser classificado em aparente e oculto. O sistema com fixação aparente (Figura 7) refere-se a fachadas em que os ganchos usados para fixar as placas são visíveis na face externa do revestimento. Na fachada com acoplamento oculto (Figura 8), os dispositivos de fixação das placas não são visíveis na superfície final do revestimento, esses dispositivos podem ser inseridos na borda da placa de espessura adequada ou, menos usualmente, na parte traseira do revestimento com ganchos de acoplamento.



Figura 7: Sistema de fixação visível.  
Fonte: Eliane Tec (2023)



Figura 8: Sistema de fixação oculto.  
Fonte: Eliane Tec (2023)

Em relação aos materiais que constituem o sistema estrutural de fixação, atualmente no mercado somente perfis e ligas metálicas inoxidáveis são utilizadas. Novamente, devido à falta de norma brasileira que reja esse sistema, não é descrito quais os parâmetros que devem ser atendidos, ficando a critério do projetista fazer tal dimensionamento, logo, sistemas metálicos se tornaram o padrão da indústria por apresentar uma boa condição de carregamento e com bastante disponibilidade no mercado. Conforme Sousa (2010), há a possibilidade técnica de utilizar perfis de madeira para realização da estrutura que receberá o revestimento, porém, com pouca utilização visto que é menos durável e menos resistente aos agentes externos.

Em relação ao sistema de fixação das fachadas ventiladas, um paralelo interessante com a ABNT NBR 15575-4 (2021) pode ser feito, a norma inicialmente trata de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedação vertical interna e externa (SVVIE) com e sem função estrutural. Como o sistema de fachada pode ser encarado como um conjunto integrante na vedação externa, as exigências da norma de desempenho podem ser traduzidas também para o sistema de fixação da fachada ventilada, fornecendo alguns parâmetros preliminares para o seu dimensionamento, que são eles:

“O SVVIE [...] sob ação de cargas devidas a peças suspensas não devem apresentar fissuras, deslocamentos horizontais instantâneos ( $d_h$  superior à um quingentésimo da altura do elemento parede) ou deslocamentos horizontais residuais ( $d_{hr}$  superior ao segundo milésimo quingentésimo da altura do elemento parede), lascamentos ou rupturas, nem permitir o arrancamento dos dispositivos de fixação nem seu esmagamento.” (ABNT NBR 15575-4, 2021, p. 10-11).



A ABNT NBR 15846: 2010 aborda sobre a fixação de revestimentos não tradicionais nas fachadas, discorrendo sobre projeto, inspeção e execução de revestimentos rochosos fixados por insertos metálicos. Ponto importantes dessa norma diz à exigência do projetista de conhecer o revestimento tanto na parte estética, quanto na parte físico-química. Além disso, atribui-se ao período de projeto a identificação das solicitações mecânicas eventuais, como pressões de vento, à que a fachada terá que resistir.

Ainda que cada empresa possua seu sistema próprio de fixação, de maneira geral, os mesmos componentes estão sempre presentes, somente muda-se a forma dessas partes integrantes (Figura 9). Elementos como montantes verticais e guias horizontais que sustentam o revestimento, bem como os espaçadores que os separam uniformemente, são indispensáveis.

Chumbadores e parafusos com porcas são utilizados para realizar a fixação desses componentes, garantindo a solidez do conjunto. Um perfil de ancoragem conecta todo o sistema mencionado ao substrato (sistema de vedação vertical externa). O isolante termoacústico, posicionado na câmara de ar entre os montantes verticais, é um elemento opcional, mas que tem potencial de melhora do comportamento do sistema.

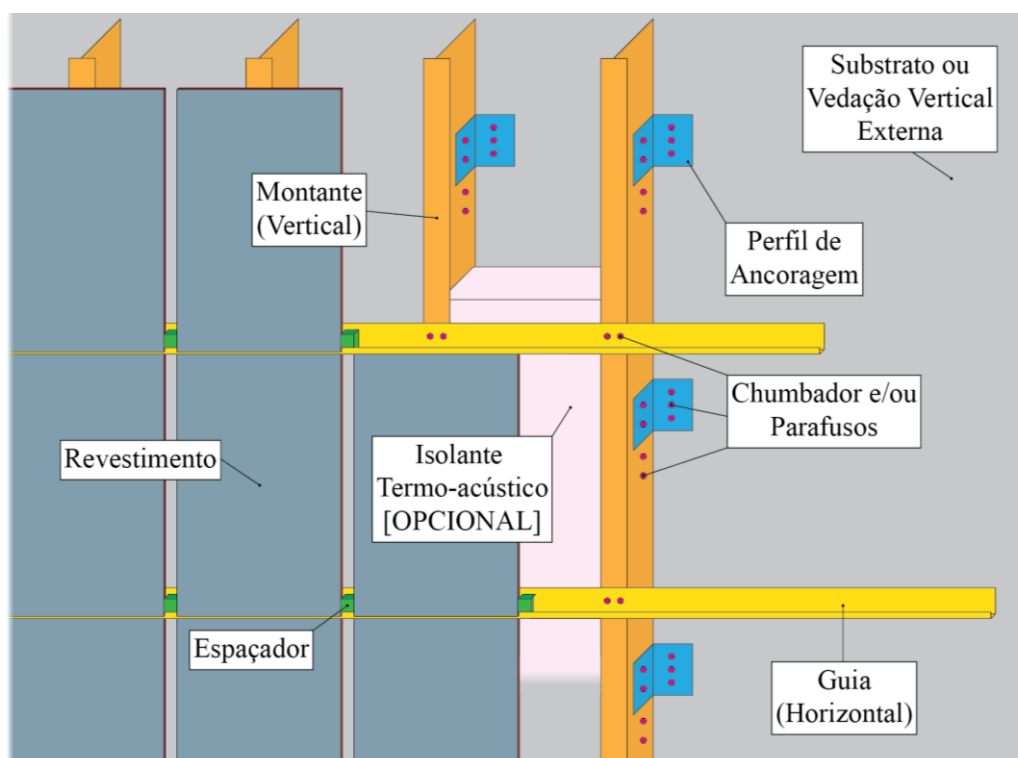


Figura 9: Partes específicas do sistema de fixação de fachada ventilada, cores fantasia. Fonte: autoria própria.

A distância entre a face externa do substrato e a face interna do revestimento determina o tamanho da câmara de ar presente na fachada ventilada. Conforme Mariane (2019), essa distância é, em média, de 5 a 15cm. O sistema é desenvolvido de acordo com cada projeto, sendo particular de cada empresa que o elabora, logo, podendo ter outras medidas.

O sistema de fachada ventilada pode ser caracterizado, quanto a fixação, como área inferior, área de revestimento para vedação vertical e área superior. A área inferior é fechada como invólucro, área de revestimento é usado para fazer o acabamento (Figura 10) e a área superior é selada por uma placa metálica (Figura 11), para evitar a infiltração de água no sistema, mas não é hermeticamente fechada.

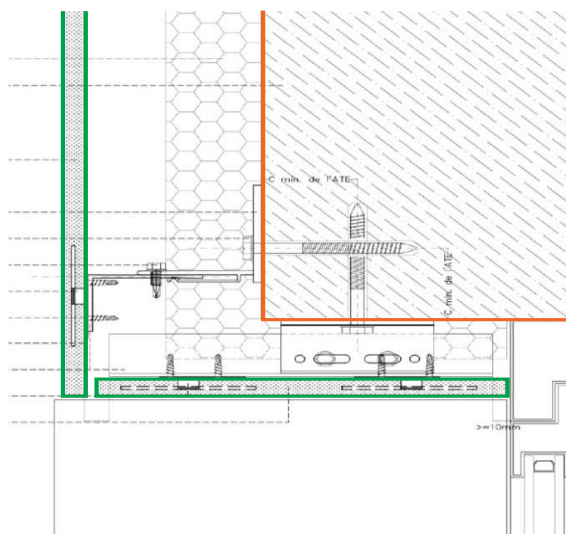


Figura 10: Detalhe em corte, com a fixação do revestimento, da área inferior do sistema de fachada ventilada. Fonte: adaptado de CSTB (2018).

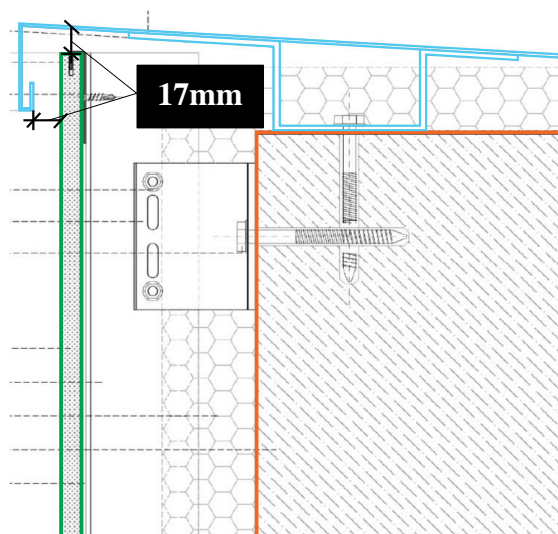


Figura 11: Detalhe em corte, com a fixação do revestimento, da área superior do sistema de fachada ventilada. Fonte: adaptado de CSTB (2018).

A abertura na área superior da fachada ventilada, geralmente em torno de 17 mm conforme o CSTB (2018), é fundamental para o funcionamento do sistema, pois possibilita a exaustão do ar da câmara, assegurando a eficácia do fenômeno de efeito chaminé.

## 2.2. Efeito chaminé

Como mencionado no item 2.1, a norma italiana de fachada ventilada traz em sua descrição do sistema, o principal diferencial e processo de funcionamento desse conjunto: o efeito chaminé (Figura 12). Dutra (2010) descreve o efeito chaminé como o movimento do ar confinado entre a estrutura de fixação da fachada ventilada e o revestimento, por ação de convecção em que o ar é aquecido através da irradiação solar, provocando um diferencial de densidade, estimulando essa dinâmica ascendente do ar quente.

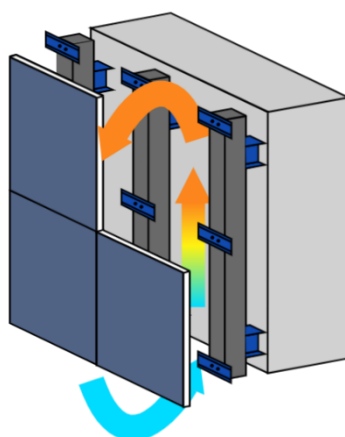


Figura 12: Ilustração simulando o efeito chaminé; o ar é aquecido no interior do sistema (transição entre azul e laranja) e por convecção, ascende ao topo. Fonte: autoria própria.

De acordo com Dutra (2010) um importante efeito secundário do efeito chaminé, das fachadas ventiladas, é a remoção do vapor de água presente na câmara de ar, devido às trocas constantes de ar contidos nesse espaço a umidade não consegue se estabelecer (sendo esse um dos grandes benefícios do sistema de fachada ventilada).

O efeito chaminé ainda contribui para manter a temperatura superficial da parte de trás das placas de revestimento, sem grandes variação de temperatura. Essa contribuição não é relevante para placas cerâmicas ou placas de GRC por exemplo, entretanto, é importante na instalação de painéis fotovoltaicos (Martín-Chivelet et. al. 2018). Uma vez que o sistema possui essa câmara dinâmica de ar atrás dos painéis fotovoltaicos, isso ajuda-os a garantir uma temperatura controlada e fresca, consequentemente aumentando a eficiência elétrica dos geradores solares.

### **2.3. Retrofit**

Uma das aplicações mais usuais do sistema de fachada ventilada é o retrofit. Retrofit trata-se da modernização, adaptação e otimização de edificações existentes, sendo complexo e dinâmico para o setor da construção civil. Esta prática é realizada com o objetivo de melhorar a eficiência operacional, funcionalidade, eficiência energética, conforto dos usuários e sustentabilidade das estruturas já construídas.

#### **2.3.1. Conceito**

O termo é derivado do verbo em inglês *retrofitting*, que significa de maneira genérica a adição de uma tecnologia ou recurso a um sistema antigo. Em normas brasileiras, é possível encontrar a descrição do termo retrofit na ABNT NBR15575-1 (2021) que o caracteriza no contexto da construção civil:

“Remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando à valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética.” (ABNT NBR15575-1, 2021, p. 16)

A modernização envolve a atualização e incorporação de tecnologias e sistemas mais modernos em edifícios que podem ter muitos anos, trazendo-os aos padrões atuais de desempenho e eficiência. Além disso, essa modernização também pode ser uma abordagem econômica e financeiramente viável, pois a eficiência energética aprimorada geralmente resulta em custos operacionais reduzidos ao longo do tempo.

Outro ponto essencial que motiva a execução de um retrofit representa-se por uma nova demanda dos usuários, principalmente ligada às questões de exigências elétricas, setor esse que apresentou forte aumento na demanda nas últimas décadas. Segundo Silva (2010), o consumo residencial brasileiro médio no período de 1994 até 2010 aumentou mais de 50 pontos percentuais, crescendo de 358 kWh/habitante/ano para 568 kWh/habitante/ano.

No entanto, o retrofit não é apenas uma questão técnica, também inclui aspectos estéticos, regulatórios, de segurança e funcionais. Cada edificação tem suas especificidades e desafios que tornam cada projeto de retrofit único.

#### **2.3.2. Retrofit com fachadas ventiladas**

As fachadas ventiladas emergem como um dos elementos mais promissores e vantajosos quando se trata de estratégias de retrofit em edifícios existentes. Elas oferecem uma série de benefícios intrinsecamente alinhados com as metas e necessidades do retrofit, tornando-se uma escolha eficaz e valiosa para a modernização e otimização de edifícios. Segundo expõe Lunardelli (2011):

“Por oferecer proteção à edificação e promover isolamento termoaústico, as fachadas ventiladas constituem excelente opção para a renovação de edifícios já existentes. Além do desempenho energético e da mínima solicitação de manutenção, o sistema elimina o contato direto das paredes e lajes com as intempéries, protegendo-as de possíveis patologias”. (Lunardelli, 2011, p. 51)

Um dos principais desafios ao realizar retrofit é melhorar o desempenho energético de edifícios mais antigos, muitas vezes construídos com padrões que não atendem às expectativas contemporâneas de eficiência. As fachadas ventiladas apresentam um enorme potencial nesse contexto. Com a característica de criação de câmara de ar e do efeito chaminé (item 2.2), a barreira térmica criada por essas fachadas minimiza a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício.

Isso resulta em uma redução significativa na demanda de aquecimento e resfriamento, o que se traduz em economia de energia e redução nos custos operacionais a longo prazo. Como complemento, a instalação de painéis fotovoltaicos com fachada ventilada impacta diretamente e de maneira facilmente mensurável o consumo da edificação, Martín-Chivelet et. al. (2018) atestou que foi possível atender 6,6% do consumo de um edifício somente cobrindo aproximadamente um quinto da sua fachada com o sistema fotovoltaico.

Os fatores durabilidade e longevidade das fachadas ventiladas também as tornam particularmente interessantes para o retrofit. Ao substituir o revestimento antigo por sistemas de fachada ventilada, os edifícios ganham proteção extra contra intempéries e poluição, por exemplo. Ribeiro (2010), atribui essa resistência ao aparecimento de manifestações patológicas, entre outros fatores, ao elevado nível de industrialização inerente do sistema de fachadas ventiladas. Essas características não apenas mantêm a integridade estrutural, mas também reduzem a necessidade de manutenção contínua e diminui os custos operacionais ao longo do tempo, contando que se verifique o estado da estrutura pré-existente que receberá este subsistema de vedação.

### **3. Método**

A metodologia empregada para a elaboração deste trabalho foi caracterizada por uma abordagem de pesquisa e posterior síntese dos temas associados. O processo teve início com uma pesquisa bibliográfica ampla, que almejou a identificação de fontes confiáveis e pertinentes no âmbito do tema de fachadas ventiladas.

Uma vez que um volume substancial de material foi compilado, a transição para a fase de condensação do assunto foi feita. Durante essa etapa, uma atenção direcionada à delimitação dos tópicos-chave abordados em cada fonte foi realizada. Essa delimitação constitui um importante passo para que a consulta de cada assunto fosse feita da melhor maneira e respeitando as delimitações dos próprios materiais de pesquisa.

Após foi feita a análise dos elementos fundamentais do projeto relacionados ao sistema de fachada ventilada. Durante esse processo, examinou-se detalhadamente as partes importantes, desde a escolha dos materiais até a estrutura do sistema. O objetivo dessa análise foi esclarecer os aspectos conceituais e práticos, levando em consideração as práticas atuais e as abordagens mais reconhecidas na área.

Ao mesmo tempo, focou-se em uma análise dos aspectos da manutenção das fachadas ventiladas, elencando práticas para a realização de inspeções periódicas, limpezas, consertos e garantia de longevidade. Buscou-se compilar as ações tanto para prevenir quanto para corrigir problemas.

Ao unir esses dois enfoques, projeto e manutenção, o estudo proporcionou uma visão sistêmica e instrutiva sobre os aspectos de projeto e de manutenção relacionados aos sistema de fachada ventilada. A combinação da pesquisa bibliográfica com a análise sistemática se mostrou essencial para gerar vínculos entre os tópicos-chave para evidenciar uma compreensão mais profunda e informada do tema abordado.

#### 4. Análise técnica

A análise de viabilidade técnica de um projeto para o sistema de fachada ventilada exige a análise de diversos elementos interligados, contemplando tanto as características individuais do edifício quanto os conceitos gerais inerentes à tecnologia de fachada ventilada. A seguir, destacam-se os principais pontos referentes à viabilidade técnica.

##### 4.1. Viabilidade Estrutural

A análise estrutural é um elemento crucial na concepção de uma fachada ventilada, pois ela influencia diretamente a segurança e estabilidade do edifício como um todo. Edifícios existentes têm sistemas estruturais que podem variar amplamente em termos de idade, design e material, logo, verificar a base de acoplamento do sistema é fundamental. Siqueira (2003) classificou a natureza das vedações verticais externas conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação do sistema de vedação como base para revestimento não-aderido

Natureza da Base Suporte	Grau de Confiabilidade
Concreto	Excelente
Tijolo maciço	Muito bom
Tijolo perfurado	Bom
Bloco de concreto com paredes de 30cm	Bom
Tijolo cerâmico com pequenas células ocas	Bom
Bloco cerâmico vazado	Inaceitável*

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

Fonte: Siqueira Jr. (2003).

A análise estrutural deve considerar o peso adicional da fachada, incluindo os materiais de revestimento e a estrutura de fixação. O dimensionamento deve, portanto, impreterivelmente ser feito com os materiais que efetivamente serão usados no sistema. Alterações de revestimento escolhido, que comumente são feitos em projetos convencionais, no dimensionamento de fachadas ventiladas devem ser feitos com cautela, uma vez que podem causar danos à edificação.

Além disso, a análise estrutural deve levar em consideração as mudanças na distribuição de peso e a transferência de cargas para a estrutura existente. A adição de uma fachada ventilada pode afetar o comportamento da estrutura, levando a deformações indesejadas ou tensões excessivas em certas áreas. A análise precisa identificar esses pontos críticos e propor soluções adequadas, como a redistribuição de cargas ou o reforço de elementos estruturais no sistema de vedação.

Com relação à necessidade de modificações na base de acoplamento, Kiss (1999) observa que, devido às propriedades industriais (feito à máquina) da fachada ventilada, o sistema exige um acabamento excelente nas paredes de vedação. Desvios de prumo podem levar à descontinuidade no nivelamento dos painéis de revestimento, com formação de ondulações, gerando um efeito estético indesejável.

Outro ponto importante é que com a formação de descontinuidades, o efeito chaminé e a estanqueidade do sistema é prejudicado. Embora alguns sistemas permitam o ajuste dos insertos de fixação da placa para compensação de desníveis de execução, diferenças de prumo superiores a 5,0 cm impossibilitam a aplicação de conjuntos de revestimentos não aderidos, mesmo em sistemas de alta tolerância.

A fixação do perfil de ancoragem na vedação externa também deve ser feita com parcimônia. Conforme Siqueira Jr. (2003), destaca-se a importância de identificação de pontos críticos no sistema de vedação, para realizar a decisão de utilizar somente chumbadores na ligação do perfil de ancoragem na vedação externa, ou caso contrário, o estudo de uma alternativa mais robusta.

#### **4.2. Compatibilidade de materiais**

A compatibilidade dos materiais é um aspecto crítico em qualquer projeto de construção, e isso é particularmente verdadeiro para fachadas ventiladas devido à interação entre diversos componentes de diferentes naturezas. Os materiais de revestimento e estrutura de fixação devem ser escolhidos de forma a garantir sua compatibilidade química e física, sendo essencial para evitar problemas como corrosão, degradação prematura, reações químicas indesejadas e falhas por dilatação térmica.

Caso uma estrutura de fixação for feita de aço inoxidável de baixa qualidade e o revestimento por um material alumínico menos reativo eletroquimicamente, é necessário garantir que os materiais de revestimento não permitam corrosão galvânica quando em contato com o aço. Uma vez que o referido cenário resultaria em uma oxidação da estrutura de fixação (escondida do público), enquanto o revestimento (aparente) continua adequado esteticamente; podendo resultar em um colapso de parte do sistema por falha na estrutura de fixação. Segundo Medeiros (2009), essa situação explicitada corrobora com a não utilização, inclusive, de acessórios de aço galvanizado, que podem enferrujar e pôr em risco toda a estrutura.

Além disso, a dilatação térmica é grande agente de falha dos materiais e deve ser considerada para evitar tensões excessivas que possam comprometer a integridade dos painéis da fachada. A dilatação térmica é determinante para a distância entre juntas do revestimento. Cada tipo de material e cada fabricante determina em seu produto o afastamento mínimo necessário entre placas, à título de exemplo: placas de porcelanato devem ter entre 1,5mm e 3mm de distância entre si, dependendo do seu tamanho (PORTOBELLO, 2023).

#### **4.3. Manutenção**

A manutenção é um fator muitas vezes relegada à segundo plano no projeto de fachadas ventiladas, mas têm um impacto significativo na viabilidade de longo prazo. Segundo Medeiros (2020), a área de manutenção da construção civil é subestimada, com pouca realização, estudo, inovação e investimentos.

O espaço adicional entre o revestimento e a parede, característico da fachada ventilada, pode dificultar a inspeção, a limpeza e a manutenção regulares. Portanto, é crucial projetar sistemas de acesso seguros e eficazes que permitam que profissionais de manutenção alcancem todas as áreas da fachada sem riscos laborais.

Os projetos de fachada ventilada são passíveis de manutenção individualizada de cada painel utilizado, contrariamente aos revestimentos aderidos. A facilidade de acesso à placa de interesse depende do tipo de tecnologia utilizado em seu sistema de fixação. O esquema abaixo (Figura 13), ilustra as alternativas de substituição da peça destacada em azul.

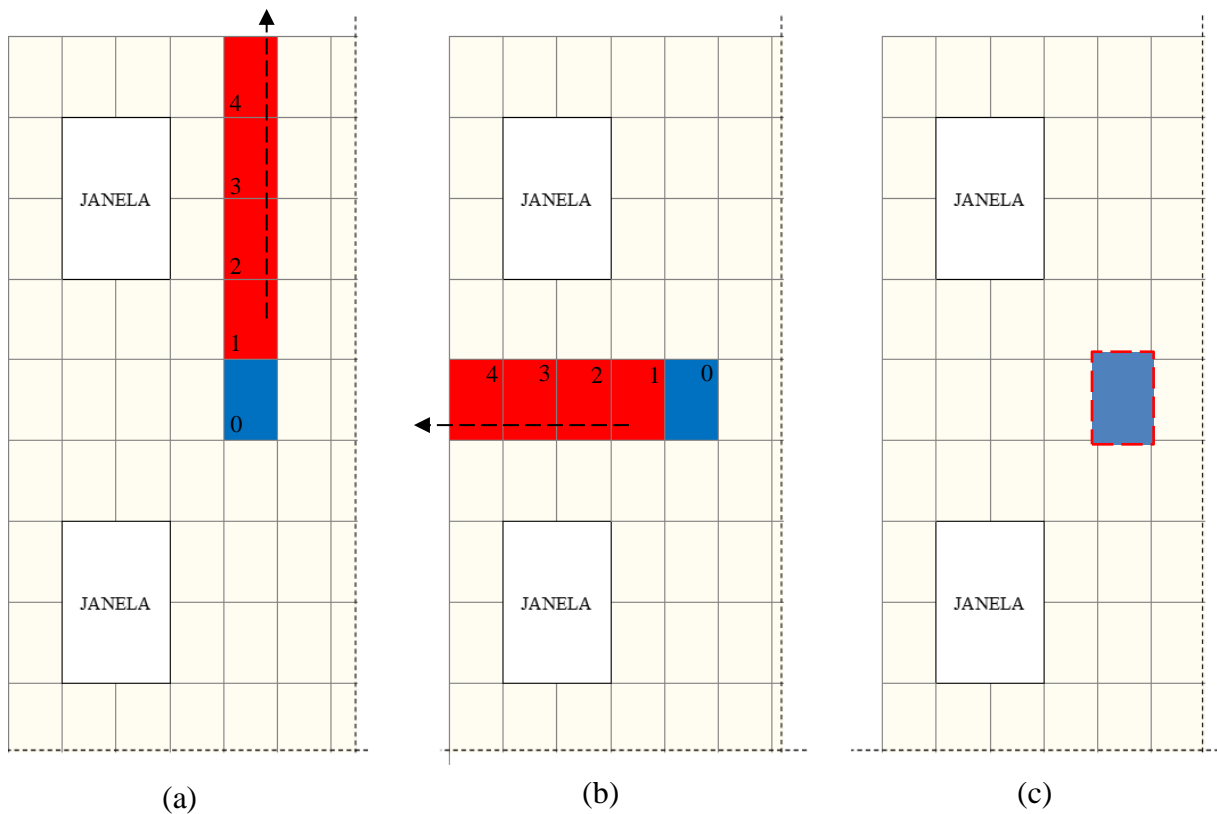


Figura 13: Alternativas à remoção ou substituição de placa de interesse (azul): (a) vertical, (b) horizontal e (c) pontual. Fonte: autoria própria.

Os dois primeiros métodos consistem na remoção de toda a fiada de placas, seja de uma fiada vertical, ou uma fiada horizontal, respectivamente. No último método, com o sistema de fixação que permita a remoção placa-a-placa, pode ser feita a retirada da placa de interesse somente com a utilização de ventosas de sucção.

A manutenção do revestimento pode envolver a instalação de escadas, passarelas, pontos de ancoragem ou até mesmo sistemas de limpeza automatizados, dependendo da altura e complexidade do edifício. A enorme gama arquitetônica atual prevê a análise de cada caso, cabendo a avaliação da melhor forma de execução da referida manutenção. Isso não apenas facilita o processo, mas também pode reduzir os custos associados à substituição de componentes individuais.

Os projetistas devem trabalhar em colaboração com especialistas em segurança para garantir que os sistemas de acesso atendam a todas as normas e regulamentações relevantes. A acessibilidade, ligada à operação e manutenção de um edifício está prevista em norma. Conforme a ABNT NBR 15575 (2021), um dos critérios para um edifício ser sustentável, é a acessibilidade dos ocupantes, bem como dos funcionários que garantem a parte operacional dos prédios.

#### 4.4. Sustentabilidade

As fachadas ventiladas representam uma abordagem inovadora e sustentável ao projeto arquitetônico que oferece benefícios significativos em termos de eficiência energética, conforto térmico e redução do impacto ambiental. Segundo a ABNT NBR 15575 (2021) os requisitos do usuário, em relação à sustentabilidade de uma edificação são: durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental. A fachada ventilada cumpre todos os requisitos.

A durabilidade é garantida pelos materiais de qualidade e pelas limitações impostas pelo sistema, a fim de garantir sua funcionalidade de longo prazo. Aliado a isso, a própria norma 15575 (2021) exige que a vida útil de projeto da vedação vertical externa seja de no mínimo 40 anos. O nível de manutenibilidade é possível de ser feito de forma individualizada e tem potencial para garantir a eficiência do processo de retificação predial.

O impacto ambiental é questão imprescindível, também influenciado pela durabilidade e manutenibilidade da edificação; um dos principais pontos influentes na redução do impacto ambiental proporcionado pela fachada ventilada é garantida para maior eficiência energética do conjunto: garantir um consumo elétrico menor, ocasiona em menor requisição de produção energética que resulta em menos impacto para produzi-la, (Medeiros, 2009).

É importante ressaltar o papel do retrofit em conjunto com fachadas ventiladas como aspecto garantidor de sustentabilidade. As fachadas ventiladas, ao melhorarem a eficiência energética e prolongarem a vida útil dos edifícios existentes, estão alinhadas com os objetivos de redução de pegada de carbono e de impacto ambiental. As agendas ambientais, cada vez mais rígidas, visando promover a equalização dos impactos antropológicos, confrontam-se com a necessidade de adequar edifícios existente às necessidades atuais da população.

No contexto da sustentabilidade, as fachadas ventiladas desempenham um papel fundamental ao integrar princípios de design inteligente, materiais eficientes e estratégias de ventilação natural. A seguir, explora-se esses aspectos com mais detalhes.

#### **4.4.1. Regulação térmica**

A capacidade das fachadas ventiladas de reduzirem a carga térmica interna tem um impacto significativo na redução do uso de sistemas de aquecimento, ventilação e de ar-condicionado. Segundo Goulart e Labaki (2022), no verão, a fachada ventilada apresentou maior economia de energia em comparação com outros sistemas, como o sistema de fachada convencional (não ventilada). No verão, o ar quente que flui pela fachada retira parte da carga térmica, reduzindo o ganho de calor no ambiente interno. No entanto, pode ocorrer ganho de calor interno quando a temperatura externa e a radiação solar estão elevadas.

No inverno, a fachada ventilada pode atuar como um bom isolante térmico quando os valores de radiação permanecem altos. Portanto, recomenda-se uma análise térmica anual. Os autores concluem que os melhores locais para instalar fachadas ventiladas são em climas quentes, com altas temperaturas no verão e invernos de baixa severidade.

A eficiência térmica não apenas diminui os custos operacionais do edifício, mas também contribui para a conservação de energia e a redução das emissões de gases de efeito estufa proveniente da produção de energia elétrica e dos materiais constituintes desses sistemas termorreguladores. A minimização da necessidade de resfriamento artificial é especialmente relevante em climas predominantemente quentes, como é o caso do Brasil, onde os sistemas de ar-condicionado são frequentemente os maiores consumidores de energia de um edifício.

Com fachadas ventiladas, os ocupantes podem desfrutar de ambientes internos confortáveis e temperaturas controladas sem depender excessivamente de sistemas de ar-condicionado. De acordo com Medeiros (2009), em estudos realizados em uma edificação simulada em São Paulo, em um dia típico de verão, a temperatura média do ar (no interior da edificação) conseguiu ser em média 4°C mais amena em uma edificação de fachada ventilada com revestimento cerâmico, em comparação à uma em envoltório de pele de vidro dupla. Essa redução alinha-se plenamente com as metas de sustentabilidade.



#### 4.4.2. Durabilidade

Segundo Siqueira Jr. (2003), os aspectos de durabilidade de um elemento construtivo de fachada, durante sua vida útil, podem ser descritos como:

- a) Conservação do aspecto (cor e brilho);
- b) Conservação das propriedades mecânicas (resistência ao impacto);
- c) Conservação das propriedades da subestrutura auxiliar.

A durabilidade prova-se como uma das características marcantes das fachadas ventiladas. O uso de materiais resistentes, como cerâmicas de alta qualidade, metais resistentes à corrosão e demais revestimentos adequados, contribui para a longevidade desses sistemas.

A proteção adicional oferecida pela desconexão física abrangente entre o revestimento e a parede estrutural ajuda a minimizar o desgaste causado por intempéries, radiação solar e poluição na vedação vertical de base. Isso não apenas prolonga a vida útil da fachada, reduzindo os custos de manutenção e substituição dos materiais, mas também evita o desperdício associado à renovação frequente de revestimentos aderidos externos.

#### 4.4.3. Potencial para energia solar

A integração de tecnologias de energia solar nas fachadas ventiladas amplia sua contribuição para a sustentabilidade. A superfície exposta ao sol pode ser utilizada para incorporar painéis solares fotovoltaicos ou térmicos. Isso permite a geração de energia limpa no local, reduzindo ainda mais a dependência de fontes de energia não renováveis e contribuindo para a autossuficiência energética do edifício.

Conforme Martín-Chivelet et. al. (2018) destacou, o resultado da integração arquitetônica de módulos fotovoltaicos em substituição a painéis de concreto polimérico na fachada de edificações tem sido muito positivo, não ocorrendo incoerências com o design geral dos edifícios. Além de melhorar a condição estrutural — protegendo a base de fixação vertical de vedação —, aumentou-se a eficiência energética do edifício e incluiu-se fontes de energia renovável em um edifício que previamente somente era consumidor de eletricidade.

#### 4.4.4. Retrofit como forma de diminuir resíduos

A abordagem de fachada ventilada não se limita apenas a novas construções, mas também desempenha um papel crucial na requalificação de edifícios existentes. A aplicação de fachadas ventiladas em edifícios mais antigos pode rejuvenescer sua estética e melhorar seu desempenho energético sem a necessidade de demolir e reconstruir. Isso contribui para a conservação de recursos e reduz o desperdício de materiais.

O fator resíduo de demolição é amplamente criticado como um dos maiores custos ambientais do setor da construção. Conforme Brasileiro e Matos (2015), pesquisadores, políticos e a própria sociedade civil estão se voltando cada vez mais para a realidade do reaproveitamento de resíduos de construção e demolição. O “ganho ambiental” proporcionado pela eliminação de necessidade de extração de matéria-prima é crucial. Aliado a esse tópico, diminui-se a participação desse tipo de material no contingente de resíduos sólidos urbanos, que contribuem ativamente para a poluição do meio ambiente.

Destaca-se que, a incorporação de uma fachada ventilada em um edifício existente pode aumentar sua valorização no mercado imobiliário, tornando-o mais atraente para investidores e ocupantes conscientes na questão da sustentabilidade.

## 5. Considerações finais

### 5.1. Conclusão

As fachadas ventiladas constituem um campo de aplicabilidade vasto, envolvendo diversas características que contribuem para sua eficácia e funcionalidade de edificações. Destaca-se nesse campo o retrofit, que melhora a estética e a aparência geral do edifício. As fachadas ventiladas oferecem ampla flexibilidade de design, permitindo uma gama diversificada de materiais, cores e padrões. Isso possibilita a transformação estética de edifícios mais antigos, rejuvenescendo sua aparência e adequando-os aos estilos contemporâneos ou aos objetivos específicos dos proprietários.

A viabilidade técnica das fachadas ventiladas requer uma análise minuciosa e interdisciplinar abrangendo diversos aspectos, entre eles o projeto e a manutenção. A viabilidade técnica engloba análise estrutural, compatibilidade de materiais e considerações detalhadas de manutenção e acessibilidade. Tais elementos são essenciais para garantir a segurança, durabilidade e funcionalidade contínua das fachadas ao longo de sua vida útil. A colaboração estreita entre arquitetos e engenheiros é crucial para o sucesso do projeto e para a criação de uma solução que atenda aos mais elevados padrões de qualidade e desempenho.

Um cenário global cada vez mais consciente da necessidade de práticas sustentáveis, as fachadas ventiladas surgem como um símbolo inspirador de inovação e eficiência na arquitetura moderna. Ao aliar uma abordagem estética aprimorada com benefícios práticos tangíveis, como a redução do consumo energético, o aumento do conforto térmico e a minimização do impacto ambiental, as fachadas ventiladas efetivamente transcendem a função puramente estética e se destacam como possíveis protagonistas no movimento em direção a edifícios mais sustentáveis.

A versatilidade em relação aos materiais de revestimento e a capacidade de integrar tecnologias renováveis, como os painéis solares fotovoltaicos, reforçam ainda mais sua contribuição para a construção de um futuro mais ecológico e equilibrado. As fachadas ventiladas não apenas inovam a estética arquitetônica, mas também desempenham um papel vital na construção de um ambiente construído que se alinha harmoniosamente aos princípios de sustentabilidade.

É importante considerar que, apesar das vantagens das fachadas ventiladas expostas nesse trabalho, existem algumas preocupações e desafios associados a esse sistema. Um ponto crítico é a dependência de empresas específicas que fabricam e executam esses sistemas. Como muitas vezes as fachadas ventiladas são sistemas únicos e patenteados pelas empresas, a manutenção e a substituição do sistema podem se tornar problemáticas em caso de falência ou problemas com a empresa fornecedora. Isso pode resultar em dificuldades na obtenção de peças de reposição, conhecimento técnico específico e até mesmo custos significativos para trocar todo o sistema.

Enquanto as fachadas ventiladas oferecem muitos benefícios, é fundamental que os envolvidos considerem cuidadosamente a escolha dos fornecedores e executantes, bem como estabeleçam planos de contingência para lidar com questões de manutenção e substituição a longo prazo. A transparência e a garantia de qualidade também são essenciais para mitigar esses riscos e garantir a eficácia contínua das fachadas ventiladas ao longo da vida útil de um edifício.

## 5.2. Sugestões de continuidade de estudos

### 5.2.1. Normalização do sistema de fachadas ventiladas no Brasil

A normalização é fundamental para garantir a qualidade, segurança e padronização de sistemas arquitetônicos. No caso das fachadas ventiladas, a falta de uma norma específica pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pode ser um ponto a ser mais estudado. Seria benéfico se um conjunto de diretrizes técnicas específicas fosse desenvolvido para a implementação de fachadas ventiladas em edifícios, considerando diferentes tipos de materiais e condições climáticas do Brasil. Isso proporcionaria um guia confiável para profissionais da construção e reguladores, ajudando a garantir que esses sistemas sejam instalados de maneira segura, eficiente e compatível com o ambiente brasileiro.

### 5.2.2. Retrofit em conjunto com fachadas ventiladas com ênfase estrutural em tipos habitacionais brasileiros

O estudo do retrofit em conjunto com fachadas ventiladas é uma área promissora de pesquisa. Isso pode incluir a análise detalhada de como integrar sistemas de fachadas ventiladas em diferentes tipos de edifícios existentes, levando em consideração as particularidades estruturais de habitações comuns no Brasil, como edifícios de alvenaria estrutural. Uma investigação profunda dos métodos de fixação, redistribuição de cargas e potenciais desafios estruturais ao adicionar sistemas de fachadas ventiladas em edifícios mais antigos poderiam ajudar a desenvolver diretrizes práticas para implementações bem-sucedidas. Esses estudos podem contribuir para a adoção mais ampla dessa técnica em edifícios já existentes.

### 5.2.3. Sustentabilidade dos materiais e comparação com abordagens convencionais

A comparação entre os materiais tradicionalmente usados em revestimentos de fachadas e os materiais utilizados nas fachadas ventiladas merece um exame detalhado. Estudos podem ser realizados para avaliar o ciclo de vida dos materiais, incluindo extração, produção, instalação e eventual descarte. Além disso, pode-se explorar como os materiais utilizados nas fachadas ventiladas, como cerâmica e metais resistentes à corrosão, se comparam aos de revestimentos convencionais em termos de durabilidade, manutenção e impacto ambiental. Essas análises podem ajudar a demonstrar como as fachadas ventiladas podem contribuir para uma abordagem mais sustentável na construção, reduzindo o consumo de recursos e os resíduos associados.

## 6. Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**, 2021.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Sistema de Vedação Vertical Interno e Externo (SVVIE)**, 2021.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15846: Rochas para revestimento — Projeto, execução e inspeção de revestimentos de fachada de edificação com placas fixadas por insertos metálicos**, 2021.
- BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. 2015. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ce/a/8v5cGYtby3Xm3Snd6NjNdtQ/?lang=pt>> Acesso em 11/08/2023.
- CSTB. COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER DES AVIS TECHNIQUES ET DOCUMENTS TECHNIQUES D'APPLICATION. **AVIS TECHNIQUE 2.2/17-1782\_V1: Bardage rapporté en céramique**. França, 2018.

- DUTRA, Miguel R. **Caracterização de revestimentos em fachadas ventiladas – Análise do comportamento.** Dissertação. Lisboa, Portugal, 2010. Disponível em <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395140450819/Tese%20final.pdf>> Acesso em 09/05/2023.
- ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE. **UNI 11018: Revestimentos e sistemas de ancoragem para fachadas ventiladas em montagem mecânica - Instruções para o projeto, execução e manutenção de pedra e revestimentos cerâmicos.** Itália, 2003.
- ELIANE TEC. **Fachadas Ventiladas.** Disponível em <<https://elianetec.com/fachadas-ventiladas/>> Acesso em 10/08/2023.
- FAVEKER. **Faveker GA20 Ceramic tile.** Disponível em <<https://faveker.com/en/products/ceramic/ga20/>> Acesso em 10/08/2023.
- GINDRI, Natália de Oliveira. **FACHADA VENTILADA: ANÁLISE DA EXECUÇÃO EM EDIFICAÇÃO HOSPITALAR DE PORTO ALEGRE.** TCC. Porto Alegre, RS, Brasil. 2022. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/252384/001154548.pdf?sequence=1>>. Acesso em 05/06/2023.
- GOULART, M. F.; LABAKI, L. C. **Thermal performance of opaque ventilated facades: a systematic review.** Artigo científico. 2022. Disponível em <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8667308/30216>> Acesso em 10/09/2023.
- HERZOG Thomas; KRIPPNER Roland; LANG Werner. **FAÇADE CONSTRUCTION MANUAL.** Edição de detalhamentos. Munique, Alemanha, 2004. Disponível em <<https://www.degruyter.com/document/doi/10.11129/detail.9783034614566/html>> Acesso em 09/05/2023.
- LUNARDELLI, F. Izidoro. **Fachadas ventiladas com isolamento térmico.** Artigo científico – Revista Finestra pg 46 a 53. 2011. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/399948989/FACHADAS-VENTILADAS-Favegrup-pdf>> Acesso em 21/08/2023.
- MARIANE, Aline. **Fachada ventilada: Sistema cuja execução é rápida exige cuidados minuciosos quanto à verificação de dimensionamento, locais de perfuração das placas e peso dos painéis.** Disponível em <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/153/fachada-ventilada-sistema-cuja-execucao-e-rapida-exige-cuidados-309960-1.aspx>> Acesso em 10/07/2023.
- MARTÍN-CHIVELET, N.; GUTIÉRREZ, J.C.; ALONSO-ABELLA, M.; CHENLO, F.; Cuenca, J. **Building retrofit with photovoltaics: Construction and performance of a BIPV ventilated façade.** Energies. 2018. Disponível em <<https://www.mdpi.com/1996-1073/11/7/1719>> Acesso em 05/06/2023.
- MEDEIROS, Jonas. **Revista Técnica: Fachadas Respirantes.** Edição 144, 2009. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/144/fachadas-respirantesfachadasventiladas-combinam-funcoes-esteticas-com-bom-287636-1.aspx>>. Acesso em 05/06/2023

- MEDEIROS, Leonardo Lucena de. **MANUTENÇÃO PREDIAL DE HOTÉIS: ESTUDO DE CASO EM UM EMPREENDIMENTO NA VIA COSTEIRA DE NATAL/RN.** Dissertação. Natal, RN, Brasil, 2020. Disponível em <[https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/40420/1/ManutencaoPredialdeHotels\\_Medeiros\\_2020.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/40420/1/ManutencaoPredialdeHotels_Medeiros_2020.pdf)> Acesso em 21/08/2023.
- PORTOBELLO. **Fachadas Ventiladas.** Disponível em <<https://www.portobello.com.br/produtos/fachadas-ventiladas>> Acesso em 10/08/2023.
- RIBEIRO, M. M. L. B. S. **Durabilidade na Construção: Estimativa da vida útil de fachadas ventiladas.** Dissertação. Porto, Portugal. 2010. Disponível em <<https://core.ac.uk/download/143382116.pdf>>. Acesso em 05/06/2023.
- SILVA, Niágara Rodrigues da. **DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL NO BRASIL SEGUNDO OS QUANTIS DE CONSUMO.** Dissertação. Viçosa, MG, Brasil. 2010. Disponível em <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/71/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em 21/08/2023.
- SIQUEIRA JÚNIOR, Amaury Antunes de. **Tecnologia de fachada-cortina com placas de grês porcelanato.** Dissertação. São Paulo, 2003. Disponível em <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-24042003-170338/en.php>>. Acesso em 05/06/2023.
- SOUSA, F. M. F. **Fachadas Ventiladas em Edifícios: Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento.** Dissertação. Porto, Portugal. 2010. Disponível em <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/61566>>. Acesso em 05/06/2023.
- UKFR. United Kingdom Flat Roofing. **CastlePave Pebble GRC Promenade Slabs.** Disponível em <<https://ukflatroofing.com/promenade-tiles-slabs>> Acesso em 10/08/2023.
- XV COBREAP. Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. **PERÍCIAS RELACIONADAS À MODIFICAÇÃO EM FACHADAS.** 2009. Disponível em <<https://www.academia.edu/28185980>>. Acesso em 05/06/2023.
- WRI Brasil, World Resources Institute. **ACELERANDO A EFICIÊNCIA DAS EDIFICAÇÕES NO BRASIL: AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA LÍDERES URBANOS.** 2018. Disponível em <<https://www.wribrasil.org.br/publicacoes/accelerando-eficiencia-das-edificacoes>>. Acesso em 20/06/2023.