

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO SONDA MISAEL

**ANÁLISE DO CONFORTO AMBIENTAL E CONSTRUTIVA DE EDIFICAÇÕES
COM O USO COMBINADO DE FACHADAS VENTILADAS**

TOLEDO

2021

PEDRO SONDA MISAEL

**ANÁLISE DO CONFORTO AMBIENTAL E CONSTRUTIVA DE EDIFICAÇÕES
COM O USO COMBINADO DE FACHADAS VENTILADAS**

**ANALISYS OF ENVIRONMENTAL AND CONSTRUCTIVE COMFORT OF
BUILDINGS WITH THE COMBINED USE OF VENTILATED FACADES**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Profª Dra. Silmara Dias Feiber.

TOLEDO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

PEDRO SONDA MISAEL

**ANÁLISE DO CONFORTO AMBIENTAL E CONSTRUTIVA DE EDIFICAÇÕES
COM O USO COMBINADO DE FACHADAS VENTILADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 25/novembro/2021

Fulvio Natércio Feiber
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Lucia Bressiani
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Silmara Dias Feiber
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

TOLEDO

2021

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, o qual sempre me guiou aos caminhos certos e a minha família, a qual me incentivou desde o princípio na graduação e proporcionou que eu chegasse até o fim com força e amor pela profissão. Também dedico a minha orientadora que desde o começo do curso esteve presente, ensinando e aplicando o bom gosto à Engenharia Civil.

RESUMO

O sistema de fachadas ventiladas vem sendo um assunto muito abordado quando se trata de novas tecnologias para proporcionar conforto ambiental às pessoas. Além disso, se trata de uma técnica inovadora no Brasil e acredita-se que pode ser uma forma de proporcionar um melhor conforto aos utilizadores das construções, tendo em vista que o país se encontra em uma região mais centralizada no globo terrestre, proporcionando temperaturas mais altas na maioria do seu território. O presente trabalho tem o intuito de aprofundar a temática, utilizando um estudo de caso em obra real localizada em Cascavel/PR, na região Sul do Brasil, e a partir disso realizar experimentos para testar o conforto térmico e ambiental da edificação e comparar a outra com um sistema de fachada comum, apenas em alvenaria, também é objetivo detalhar o processo construtivo do sistema ventilado, identificando detalhes de materiais e características construtivas específicas do sistema, mostrando uma inovação para a engenharia e arquitetura do Brasil.

Palavras chave: fachada ventilada; conforto térmico; efeito chaminé; processo executivo.

ABSTRACT

The ventilated facades system has been a subject much discussed when it comes to new technologies to provide environmental comfort to people. In addition, it is an innovative technique in Brazil and it is believed that it can be a way to provide better comfort to people. users of constructions, considering that the country is located in a more centralized region on the globe, providing higher temperatures in most of its territory. The present work aims to deepen the theme, using a case study in a real work located in Cascavel/PR, in the south of Brazil, and from that, carry out experiments to test the thermal and environmental comfort of the building and compare the other with a common façade system, only in masonry, is also aimed at detailing the constructive process of the ventilated system, identifying details of materials and specific constructive characteristics of the system, showing an innovation for engineering and architecture in Brazil.

Keywords: ventilated façade; thermal comfort; chimney effect; executive process.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Formas de troca de térmica entre o corpo humano e o ambiente.....	15
Figura 2 - Fachada Cortina.....	17
Fotografia 1 – Fachada ventilada com revestimento externo em painéis de poliestireno.....	19
Fotografia 2 - Fachada ventilada com revestimento externo em ACM.....	19
Fotografia 3 - Fachada ventilada com revestimento externo em madeira.....	20
Fotografia 4 - Fachada ventilada com revestimento externo em cerâmica.....	20
Fotografia 5 - Andaime fachadeiro.....	23
Fotografia 6 - Grua torre.....	23
Figura 3 - Balancim elétrico.....	24
Fotografia 7 - Sistema de ancoragem.....	25
Fotografia 8 - Chumbador.....	25
Fotografia 9 - Fixação por adesão Química.....	26
Figura 4 - Sistema Estrutural da Fachada Ventilada.....	27
Fotografia 10 - Bucha de fixação de PVC.....	28
Figura 5 - Furo do revestimento para acoplamento oculto.....	29
Figura 6 - Fixação do revestimento com grampos aparentes.....	29
Figura 7 - Tipos de juntas.....	30
Fotografia 11 - Acabamento entre esquadria e revestimento externo.....	31
Fotografia 12 - Termômetro Globo ITWTG-2000.....	33
Fotografia 13 - Modo de Medição Interna do Termômetro.....	33
Fotografia 14 - Sensor do Termômetro Aberto.....	34
Fotografia 15 - Anemômetro Digital modelo SKAD-01.....	35
Fotografia 16 - Fita de Conferência da Direção do Vento.....	35
Fotografia 17 – Incidência Solar da Suíte Principal.....	37
Fotografia 18 - Fixação das placas de revestimento.....	40
Fotografia 19 – Estrutura de Alumínio da Fachada Ventilada.....	41
Figura 8 – Espaçamento das Juntas Abertas.....	41

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 – Comparativo de Execução de Fachadas Ventiladas com Revestimento em Cerâmica.....	21
Tabela 1 – Medições do Edifício com SFV.....	43
Tabela 2 – Medições do Edifício sem o SFV.....	44
Tabela 3 – Médias do Edifício com SFV.....	45
Tabela 4 – Médias do Edifício sem SFV.....	45
Tabela 5 – Máxima Diferença da Fachada Ventilada.....	45
Tabela 6 – Máxima Diferença da Fachada Comum.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UNIMED	Confederação Nacional das Cooperativas Médicas
EPI	Equipamento de Proteção Individual
PVC	Policloreto de Vinila
SFV	Sistema de Fachadas Ventiladas

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1	Justificativa	11
1.2	Objetivos	12
1.2.1	Objetivo Geral	12
1.2.2	Objetivos Específicos	12
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Arquitetura Combinada ao Clima	13
2.2	Edifícios em Altura	15
2.3	Diferença entre Fachada Ventilada e Fachada Cortina	16
2.4	Definições e tipos de Fachada Ventilada	18
2.5	Processo de Planejamento e Execução	21
2.5.1	Planejamento Organização da Obra.....	21
2.5.2	Equipamentos para instalação	22
2.5.3	Elementos de fixação da estrutura	24
2.5.4	Estrutura da fachada	26
2.5.5	Elementos para isolamento	27
2.5.6	Fixação da manta de isolamento	28
2.5.7	Fixação dos revestimentos	28
2.5.8	Junta dos revestimentos.....	30
2.5.9	Acabamento	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1	Instrumentos de Medição	32
3.2	Análise Construtiva dos Edifícios	36
3.2.1	Edifício com Fachada Ventilada	36
3.2.2	Edifício com Fachada Comum.....	37
3.3	Estudo de Comparação do Conforto Ambiental	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Construção da Fachada Ventilada	39
4.2	Construção da Fachada Comum	42
4.3	Medições nos Edifícios	42
5	Conclusão	47
	REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

A fachada de uma edificação é um dos primeiros elementos estéticos visíveis ao observador, é o apelo estético da obra. Porém, além do aspecto visual outras importantes funções são exercidas pelos planos de fachada. Devido à grande extensão de sua área, conformando a “pele da edificação” interferem de forma significativa na questão do conforto ambiental interno. Sendo assim, deve-se considerar por parte do profissional engenheiro ou arquiteto um olhar atento para garantir a habitabilidade e sustentabilidade do espaço construído.

Quando paramos para pensar a respeito das fachadas, é possível perceber que a evolução da humanidade está nitidamente interpretada nessas vistas construtivas. A cada década que passa podemos visualizar as características específicas do período em que a edificação foi construída. Elementos estéticos e materiais utilizados refletem o estágio de desenvolvimento de uma sociedade, assim com o passar dos anos as fachadas ganham além do apelo estético, uma importância maior enquanto elementos influenciadores da habitabilidade e sustentabilidade na edificação mantendo ainda suas premissas estéticas.

Engenheiros e arquitetos começaram a colocar em prática a junção destas duas funções – estética e habitabilidade – para garantir conforto e bem estar, juntamente com questões ambientais. Busca-se garantir a estanqueidade, bom isolamento acústico e térmico, alta durabilidade e resistência quanto a formação de patologias (SIQUEIRA JR, 2003).

Neste contexto atualmente, conta-se com a NBR 15575, a qual exige que as construções tenham características mínimas para que sejam habitáveis, sustentáveis; garantindo ao usuário durabilidade, e segurança no âmbito das estruturas e controle de incêndio. Outra contribuição importante da norma é a verificação destes atributos no uso da edificação ao longo do tempo (ABNT, 2017).

Tendo em vista o desafio de combinar na fachada a questão estética e o conforto ambiental interno proporcionado pela sua vedação, foi desenvolvido em países do hemisfério norte, os quais utilizam desse sistema a mais de 30 anos, as fachadas ventiladas. Estes sistemas de vedação funcionam basicamente a partir da fixação de placas, que podem ser constituídas de diversos materiais, afastadas da estrutura da construção. Esta aplicação permite a formação de uma espécie de bolsão para que circule uma corrente de ar e assim proporcione maior conforto ambiental

interno da edificação melhorando o ambiente para os usuários. Esse sistema inovador requer uma baixa manutenção, promove queda no uso de aquecedores e ares condicionados além de também impulsionar proteção contra as ações naturais na estrutura em contato com o meio ambiente (TÉCHNE, 2009).

1.1 Justificativa

Tendo em vista que o Sistema de Fachadas ventiladas, seus benefícios e processo construtivo é um tema ainda muito desconhecido no Brasil e principalmente porque a Construção Civil está em constante desenvolvimento, por conta principalmente do aumento da população e conseqüentemente do crescimento vertical das cidades em virtude do pouco espaço disponível para o espalhamento dos imóveis, é necessário que haja o foco e compromisso por parte do engenheiro civil e arquiteto, no conforto ambiental da população para melhor desempenho das atividades diárias de cada indivíduo.

A promoção do melhor conforto ambiental associado à técnicas construtivas avançadas, pode fazer com que haja um melhor desenvolvimento da economia e da sociedade, pois todo ser humano necessita de um local para descansar e trabalhar, por isso as fachadas ventiladas podem ajudar os ambientes mais estressantes de trabalho a se tornarem mais confortáveis e produtivos e também proporcionar locais de descanso mais adequados e relaxantes para que a pessoa tenha realmente a recuperação das suas energias.

Além dos benefícios proporcionados à sociedade, as fachadas ventiladas podem proporcionar melhoria na saúde dos indivíduos que usufruem dos edifícios, tendo em vista a grande proliferação de doenças causadas pelos ambientes fechados e ambientalmente impróprios em que os trabalhadores passam grande parte dos seus dias.

Para a arquitetura, esse sistema pode se adequar perfeitamente com os estilos de construção de cada ano, pois se trata de um sistema maleável com possibilidade no trabalho de profundidade e forma das fachadas.

O Brasil é um país com clima predominantemente quente, as fachadas ventiladas funcionam com melhor eficácia nessas características, por isso o Sistema

de Fachadas Ventiladas seria uma solução adequada e eficaz para todo o território brasileiro.

1.2 Objetivos

Para a realização da pesquisa organiza-se os objetivos como forma de demonstrar o foco e os caminhos a serem seguidos.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é apresentar as características construtivas das fachadas ventiladas as quais ainda pouco conhecidas e utilizadas no Brasil e diferenciar a fachada ventilada de outros tipos, além de mostrar vantagens e desvantagens da implantação desse sistema inovador na construção quando analisado o conforto térmico proporcionado pela fachada abordada nesse trabalho.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Detalhar o processo construtivo das fachadas ventiladas, da proposta projetual a sua execução;
2. Verificar por meio de referencial teórico o conforto ambiental proporcionado pelas fachadas ventiladas;
3. Avaliar o potencial das fachadas ventiladas no controle da temperatura interna em obra tomada como estudo de caso em comparação a uma obra com revestimentos tradicionais;

Acredita-se que com o aprofundamento da temática do conforto ambiental em edificações e o caso das fachadas ventiladas verificadas pelo estudo de caso real de obra em Cascavel/PR, o sistema abordado na pesquisa trará uma contribuição positiva no âmbito do projeto de arquitetura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os assuntos aqui apresentados fazem parte da contextualização da temática do conforto ambiental nos projetos arquitetônicos. Diante da temática, proposta pela pesquisa, os conteúdos desenvolvem-se no sentido de fornecer a fundamentação necessária para a realização do estudo de caso de obra real.

Inicia-se com a questão do clima e arquitetura, tipologia arquitetônica dos edifícios em altura e sistema das fachadas ventiladas. Após o resgate teórico será realizada a proposta de estudo de caso e o correspondente cronograma de execução.

2.1 Arquitetura Combinada ao Clima

Desde os tempos antigos, a preocupação da boa arquitetura combinada com o conforto dos usuários já era atentamente estudada, e a função do engenheiro ou arquiteto de projetar algo sempre pensando no ambiente inserido, clima, direção dos ventos e incidência solar, combinada com bons materiais e técnicas construtivas, era e é muito importante. Para locais com clima quente, o profissional deveria precaver quanto as entradas de ar, ambientes em que os raios solares irão atingir com mais intensidade e tempo, visando proteger certas áreas da edificação com os recursos disponíveis, desde a posição de cômodos até métodos inovadores para esse amparo. Para ambientes em que as temperaturas são baixas, o desafio é garantir uma boa vedação e isolamento térmico para aquecer o interior dos ambientes, podendo utilizar das leis da física de maior área de contato com os raios solares para obtenção de maior conforto térmico aos utilizadores do espaço construído. Pensando nisso, é dever do engenheiro civil e arquiteto combinar essas exigências relacionadas ao conforto ambiental interno com a estética agradável e também com a economia, podendo assim discorrer na utilização da ventilação natural, sombreamento ou aquecimento da estrutura, para melhor comodidade do usuário (MÄHLMANN, [s.d.]).

Para obter o conforto ambiental tem-se a junção dos aspectos relacionados ao conforto acústico, térmico, lumínico e visual. Partindo do exemplo das fachadas, o excesso de detalhes, placas e pichações nesses elementos arquitetônicos, pode acarretar um desconforto visual, a falta de planejamento em relação a direção dos

ventos ou a incidência solar pode resultar em um desconforto térmico e lumínico, assim como a má execução das vedações pode causar desconforto acústico.

Entende-se que o conforto térmico provém principalmente do controle de temperatura, umidade e velocidade do ar bem como da radiação solar. Por mais que esse controle ambiental interno seja resultado de uma complexidade de fatores o calor em si é uma das formas de energia de mais fácil obtenção. Neste contexto entende-se que quando se consegue chegar num estado de equilíbrio garante-se uma zona de conforto onde não se sente nem frio ou calor extremo e cessam as trocas térmicas. Para fácil entendimento da definição de tal estado, tem-se a dependência dessa condição ao vento, às incidências de raios solares, à temperatura atmosférica, mas principalmente à fatores pessoais. Uma pessoa pode sentir naturalmente mais frio do que outra devido a sua fisiologia, idade e sexo. O nível de atividade corporal e até mesmo as vestimentas alteram de forma significativa as trocas térmicas entre o indivíduo e o meio. Assim, as questões relativas a estas trocas térmicas configuram-se por meio de uma diversidade de fatores e variáveis, impossibilitando a definição concreta do conforto térmico ambiental.

A NBR 15575 define que a temperatura mínima do interior de uma edificação deve ser de no mínimo 3 °C acima da temperatura externa da mesma em dias frios, e para dias quentes de no máximo a temperatura externa mais alta diária, contando que não haja nenhuma outra forma geradora de calor no interior do recinto (ABNT, 2017).

A temperatura média estável de um humano é em média 37°C, abaixo de 35°C o corpo humano começa a entrar em hipotermia e o aumento temporário acima da média pode caracterizar febre, em vista disso as fachadas ventiladas ajudam no controle térmico do corpo humano, pois com isso melhora as trocas por meio de irradiação – troca de calor por meio de ondas eletromagnéticas – por meio de convecção – caracterizada pela troca térmica por meio de fluidos de diferentes temperaturas – e por condução – a qual ocorre pela interação entre os átomos dos corpos sólidos.

Figura 1 - Formas de troca de térmica entre o corpo humano e o ambiente



Fonte: Marques (s.d.)

A compreensão dos processos de troca de calor é importante quando se pretende avaliar a eficácia de sistemas de controle de temperatura em ambientes internos. Os revestimentos e elementos de vedação agem como pontos de transição nas trocas térmicas e são responsáveis pela resposta positiva ou negativa diante do controle de temperatura.

2.2 Edifícios em Altura

Com o desenvolvimento das cidades ao longo do tempo surge a estratégia do crescimento vertical. Esta proposta de verticalidade aliou a falta de espaço nos centros urbanos com o avanço tecnológico. As edificações em altura passaram a ser possíveis em meados do sec. XIX com a invenção dos elevadores, ou sistemas de circulação vertical.

O objetivo inicial desta nova tipologia foi concentrar as atividades de serviços devido ao adensamento urbano e a maximização do lucro por parte dos investidores imobiliários. Neste período de pós-revolução industrial as novas tecnologias com o uso do aço, concreto e vidro possibilitaram a inovação dos edifícios cada vez mais altos e com suas fachadas em forma de “pele de vidro”.

Aliadas à inovação dos materiais construtivos, a criação dos sistemas de condicionamento de ar potencializou o uso de fachadas envidraçadas. Esta é a grande problematização nos dias atuais perante o controle da temperatura e umidade interna em relação ao gasto energético das edificações.

Diante desta evolução tecnológica em contraponto a qualidade de vida das pessoas diminuiu com a implantação de ambientes cada vez mais artificiais,

climatizados por ares condicionados e aquecedores. Devido aos ambientes inadequados, surgiu a chamada “Síndrome dos Edifícios Doentes”, esse sintoma é caracterizado quando cerca de 20% dos utilizadores do ambiente tem algum problema de saúde causado pelas condições do ambiente interno aos quais eles estão inseridos (MÄHLMANN, [s.d.]).

Além do grave problema para os seres humanos, os edifícios em altura acabam por necessitar de uma demanda energética altíssima para manter seus climatizadores artificiais em funcionamento, devido ao fato da baixa permeabilidade de luz, impossibilidade de abrir as janelas dos ambientes pelos fortes ventos proporcionados pela altura – causados pelo desenvolvimento das cidades e crescimento vertical. Essa necessidade se dá pela exigência de um bom conforto ambiental aos que usufruem destas edificações. Por consequência dessa necessidade, também há os grandes gastos financeiros, espelhados em valores de condomínio e contas de luz para as pessoas.

No âmbito surge a necessidade de se rever posturas, investigar sistemas potenciais e aprofundar as pesquisas visando fornecer uma resposta as questões ambientais. Neste sentido as fachadas ventiladas podem ser uma opção no sentido de minimizar os problemas das fachadas enclausuradas.

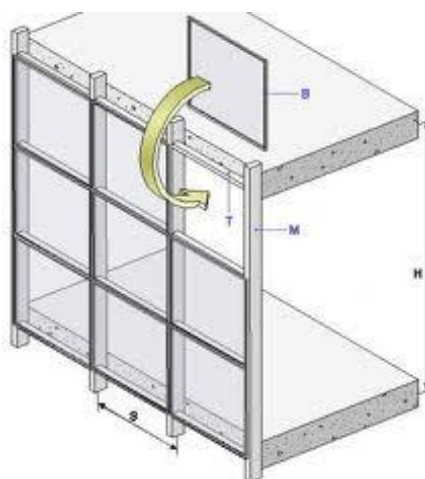
2.3 Diferença entre Fachada Ventilada e Fachada Cortina

Considerando os edifícios em altura, a fachada cortina pode ser do tipo Stick, o qual é um tipo de fachada leve - não estrutural - composta por uma estrutura de fixação de metal, painéis e folhas de vidro, não sendo necessária a vedação da estrutura com tijolos. Caracterizam-se por ser o único elemento de vedação da fachada principal do empreendimento, normalmente são instalados com o auxílio de andaimes, plataformas de elevação (REYNAERS GROUP, [s.d.]).

Existe também o modelo VEC (Vidro Estruturalmente Colado), usualmente conhecido por fachada oculta, pois quando visto do lado de dentro da construção só se é possível ver a junta do vidro com a construção, esse sistema é composto apenas pela fixação do vidro através da colagem à estrutura, podendo ser feita com silicone especificado – com resistência aos raios ultravioletas e à temperatura e com elevada resistência mecânica (REYNAERS GROUP, [s.d.]).

Outra fachada cortina é a Modular, também conhecida por Elementar, o nome este que é devido ao seu processo de montagem em módulos, de maneira que a estrutura é inteiramente fixada ao edifício e em seguida as placas vedantes, as quais são anteriormente elaboradas em fábrica, sendo montadas com o auxílio de guindastes para fixação. Esse método é mais utilizado em fachadas com grandes áreas (REYNAERS GROUP, [s.d.]).

Figura 2 - Fachada Cortina



Fonte: Allbiz (s.d.)

As fachadas cortina são caracterizadas por realizarem completamente a vedação do ambiente instalado, podendo comumente ser o único elemento de vedação estrutural. São também distintas por não permitirem que o ar transpasse entre a construção e o meio vedante. Devido a este fato muitas vezes é necessário a utilização de meios artificiais que promovam o conforto ambiental do interior da edificação, podendo ser proporcionado por sistemas de condicionamento de ar, cortinas para bloqueio dos raios solares e diminuição do desconforto sonoro. Em contrapartida, as fachadas ventiladas proporcionam através da maneira de fixação da sua estrutura - que preserva um espaço vazio entre a vedação da estrutura casa ou prédio e o esquema tecnológico de fachada - para que haja a passagem de ar, permitindo o conforto térmico pela troca de energia térmica do ambiente interno com o externo, além de proporcionar conforto lumínico pela sua maneira construtiva ser pensada para minimizar a incidência solar nos ambientes.

2.4 Definições e tipos de Fachada Ventilada

As fachadas ventiladas são definidas por um sistema de revestimento fixado no exterior da construção, de maneira que essa estrutura tenha resistência ao intemperismo e forme um espaço entre a estrutura de edificação e as placas de revestimento para que haja circulação de ar e para que dessa forma ocorra o chamado efeito chaminé (CAUSS, 2014).

Siqueira (2003) afirma que as fachadas ventiladas podem ser consideradas como uma espécie de fachadas cortina que permite a troca do ar quente no interior da estrutura pelo ar frio do exterior, preservando a estanqueidade à água, iluminação, segurança, isolamento acústico e a estética da arquitetura.

Para Dutra (2018) o sistema de revestimento externo aqui estudado trata-se de placas ou painéis fixados por uma subestrutura a uma distância projetada, os quais contém um sistema de juntas abertas, proporcionando a troca de calor através do ar do ambiente interno com o externo.

Em relação aos tipos de fachadas ventiladas, por mais que o objetivo da implantação seja sempre o mesmo, existem diversas formas que diferenciam um elemento do outro. A estrutura de sustentação responsável pelo conforto ambiental pode ser de diversos materiais, variando entre os suportes, isolantes térmicos e acústicos, revestimentos e fixação.

Quanto a composição, existem suportes feitos de madeira, alumínio e aço inox, todos parafusados à estrutura da edificação. Os isolantes termoacústicos, fixados por rosetas, podem ser executados em lã de vidro ou de rocha e poliestireno expandido. O revestimento externo, fixado de acordo com o tipo de revestimento escolhido, abrange uma grande variedade de materiais para possível utilização, contendo revestimentos em ACM – fotografia 2 – madeira natural, tecido microclimático, cerâmica extrudada, painéis fotovoltaicos, vidro, ardósia, terracota, fibrocimento, concreto polimérico, pedra natural e plástico. As juntas entre os revestimentos variam entre abertas, sobrepostas e com uso de um perfil especificado pelo arquiteto (MACCARI BLAZIUS, 2019).

Fotografia 1 – Fachada ventilada com revestimento externo em painéis de poliestireno



Fonte: Goetgheluck (s.d.)

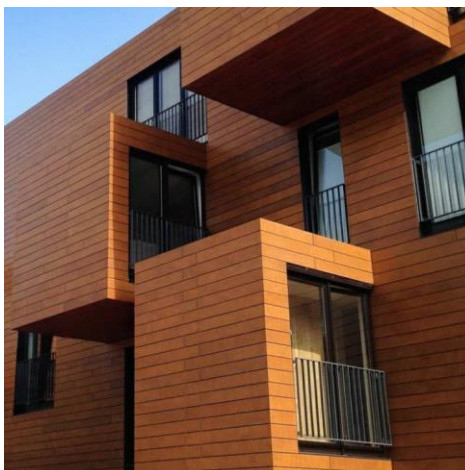
Fotografia 2 – Fachada ventilada com revestimento externo em ACM



Fonte: Maccari Blazius (2019)

Os revestimentos em madeira (fotografia 3), proporcionam uma estética diferenciada e totalmente fora do comum, podendo se destacar quanto a estética em ambientes com a localização mais afastada dos centros cívicos.

Fotografia 3 – Fachada ventilada com revestimento externo em madeira



Fonte: Hunterdouglas (2015)

A fachada ventilada com revestimento em cerâmica (fotografia 4) proporciona a fixação desse material em grandes alturas, o que não seria permitido se as cerâmicas fossem apenas coladas, pelo risco de acidente pelo descolamento das placas a uma altura muito grande.

Fotografia 4 - Fachada ventilada com revestimento externo em cerâmica



Fonte: Elianetec (2015)

Diante da diversidade dos modelos apresentados ilustra-se o potencial estético fornecido pelo sistema. E dentre a possibilidade de uso pretende-se verificar o papel destas fachadas perante o controle da temperatura no ambiente interno. Assim, segue a proposta de verificação da pesquisa.

2.5 Processo de Planejamento e Execução

Todo Sistema definido para aplicação numa obra, seja ele inovador ou já conhecido pelos profissionais, necessita um controle criterioso perante o processo de execução. Assim, ao se iniciar uma proposta de projeto é necessário o planejamento de ações, de materiais e sistemas a serem adotados visando potencializar a qualidade final da obra. Nesta pesquisa os itens a seguir pretendem descrever as etapas de projeto necessárias ao bom planejamento da obra.

2.5.1 Planejamento Organização da Obra

Quando se inicia uma obra, o planejamento é essencial para organização de tarefas e rumos a serem seguidos no decorrer da execução. Quando o SFV é implantado a praticidade também o é, pois acaba tirando a parte de acabamento da fachada do caminho crítico da obra, tendo em vista que esse sistema pode começar a ser executado juntamente com as esquadrias, pois não necessita que a vedação da estrutura do edifício tenha chapisco, emboço, reboco e a pintura ou outro elemento de acabamento em comparação com o sistema de fachadas convencional, como demonstrado no quadro a seguir em comparação com uma fachada comum com revestimento de cerâmica.

Quadro 1 – Comparativo de Execução de Fachadas Ventiladas e com Revestimento em Cerâmica

Comparativo executivo dos sistemas	Revestimento Cerâmico	Fachada ventilada
Chapisco / Reboco	Sim	Não
Reboco (Cheias)	Sim	Não
Requadros	Sim	Não
Juntas de dilatação	Sim	Não
Impermeabilização das paredes	Não	Sim
Racionalização transporte	Não	Sim
Equipe de betoneiros	Sim	Não

Fonte: Gonçalves; Lopes (2019)

Com a retirada do SFV do caminho crítico do planejamento da obra, tem-se também uma praticidade quanto a contratação de funcionários, pois para a gestão de projetos, resulta em menos contratos por parte da construtora contratante (GONÇALVES; LOPES, 2019).

A organização do canteiro de obra também é facilitada, pois o SFV é totalmente industrializado, o que faz que apenas a montagem seja feita em obra, por isso o desperdício de materiais é muito reduzido e o armazenamento da matéria prima é otimizado, promovendo um canteiro de obras mais limpo e organizado. Entretanto o planejamento da disposição dos materiais é essencial para maior praticidade na execução, visando minimizar distâncias grandes de carregamento do lugar que será utilizado para a instalação, diminuindo também os riscos de acidentes (CUNHA, 2006).

2.5.2 Equipamentos para instalação

O SFV é realizado em edifícios em altura, por isso são necessários equipamentos especiais, de acordo com a NR-18, para a equipe de frente da instalação da Fachada. Além dos EPI's tradicionais obrigatórios em todas as obras (capacete e bota, de acordo com a norma de segurança do trabalho) é necessário o uso de talabarte para o serviço onde há risco de queda, sempre isolando e protegendo o acesso da área terrestre ao redor do serviço em altura.

Para o içamento dos componentes estruturais e revestimentos do SFV, são utilizados ferramentas e maquinários de transporte vertical, como guias, balancim, guindastes, elevadores, guinchos e andaimes, mostradas nas fotografias 5 e 6 e na figura 3 a seguir.

Fotografia 5 – Andaime fachadeiro

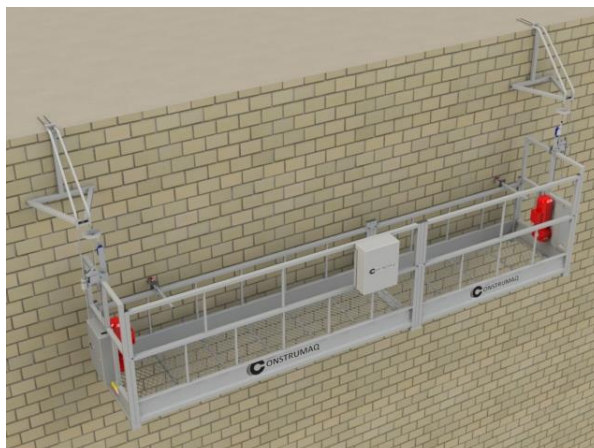


Fonte: Causse (2014)

Fotografia 6 – Grua torre



Fonte: Cunha (2006)

Figura 3 – Balancim elétrico

Fonte: Indústria de Máquinas e Equipamentos LTDA (2017)

Quando se utiliza andaimes fachadeiros, mostrados na fotografia 5 anteriormente, tem-se a facilidade e rapidez da instalação por não ser necessário a troca de lugar da ferramenta para instalação dos componentes do SFV, entretanto, no caso do balancim, figura 3, é necessário a troca de lugar mais frequente do equipamento para a realização do serviço de fixação da fachada.

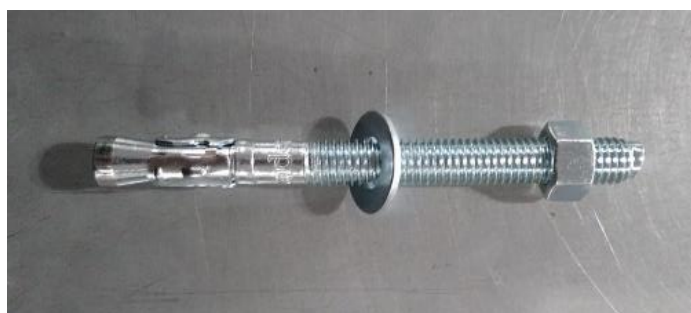
2.5.3 Elementos de fixação da estrutura

As ancoragens fixas, demonstradas na fotografia 7, são elementos responsáveis pela sustentação da estrutura do SFV e distribuição das forças solicitadas para a estrutura do edifício, de acordo com Cunha (2006) devem ser projetadas e testadas depois que toda a estrutura do edifício estiver executada, para verificação da distorção de prumo e planimetria da obra e avaliar se a ancoragem colocada é suficiente. As ancoragens fixas se assemelham a cantoneiras com furos de fixação no perfil.

Fotografia 7 – Sistema de ancoragem

Fonte: Caus (2014)

Existem dois tipos de meios para fixação das ancoragens fixas, a mecânica e a por adesão química. A primeira é realizada por chumbadores – fotografia 8 – sua instalação se dá por um furo no concreto, geralmente meio milímetro mais fino que o chumbador a ser utilizado, pois ele necessita ser inserido de modo que fique justo e para que no momento em que seja realizado o aperto, o sistema inserido na viga ou pilar se expanda e cause o firmamento da peça na estrutura.

Fotografia 8 – Chumbador

Fonte: Autoria própria

A fixação por adesão química é aplicada com a combinação de um adesivo epóxi ou resina poliéster, inserida em furo feito com broca, posteriormente a isso coloca-se o chumbador, com bucha química, demonstrada na fotografia 9 (SIQUEIRA JR, 2003).

Fotografia 9 – Fixação por adesão Química

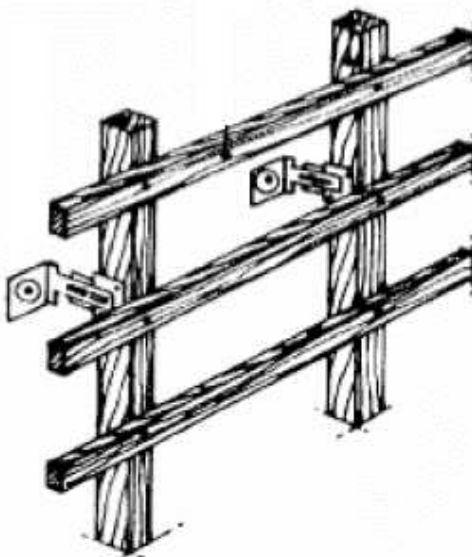


Fonte: Cunha (2006)

É necessário atenção em projeto ao utilizar a adesão química, pois brocos de vedação de cerâmica não tem função estrutural, por isso os principais esforços resultantes do peso da fachada devem ser distribuídos para as fixações em elementos de concreto.

2.5.4 Estrutura da fachada

Depois da fixação das ancoragens fixas na estrutura do edifício, é feita a instalação dos perfis verticais no primeiro montante, por meio de parafusos ou rebites para união das duas peças. Esses perfis responsáveis por serem os sustentadores dos sistemas de ancoragem móvel, devem necessariamente ser instalados com o auxílio de nível a laser, nível bolha e linha de pedreiro, entre outros aparelhos para retificação do sistema, é preciso ter total atenção nessa parte, pois as estruturas de sustentação e as ancoragens móveis devem estar perfeitamente na vertical – para os perfis – e perfeitamente na horizontal – para as ancoragens móveis (SIQUEIRA JR, 2003).

Figura 4 – Sistema Estrutural da Fachada Ventilada

Fonte: Mendes (2009)

Essa atenção na fixação da estrutura da fachada deve ser redobrada, pois pensando que o elemento de fachada de um edifício em altura tem grande extensão, um simples milímetro acumulado ao longo do decorrer da estrutura, pode resultar em um grande desalinhamento de ponta a ponta do edifício, prejudicando a estética projetada.

2.5.5 Elementos para isolamento

O isolamento termoacústico é necessário para melhoramento em dias frios principalmente e para diminuição de ruídos no interior da estrutura, provenientes do ambiente externo.

Os materiais para isolamento termoacústicos são de acordo com o projeto de cada fachada, podendo ou não ser necessários. Uma estrutura de fixação denominada como substrato é utilizada para a fixação da manta de isolamento, podendo ser de lã de rocha - caracterizada pela estrutura fibrosa e boa repelência a água - poliestireno expandido - um dos isolantes térmicos mais usados, devido à baixa condutibilidade térmica, fácil aplicação e leveza - poliestireno extrudido - caracterizado pela durabilidade, resistência e bom desempenho térmico (DUTRA, 2010).

2.5.6 Fixação da manta de isolamento

A fixação do isolamento é feita com o prendimento da manta em um substrato de fixação, o qual é preso à estrutura de ancoragem. Com o auxílio de uma furadeira é realizado um furo alinhado entre o substrato e a manta com o auxílio de uma furadeira, de modo que seja possível o passamento de uma bucha fixação de PVC especial para a amarração de mantas de isolamento, realizada por pregos.

Fotografia 10 – Bucha de fixação de PVC



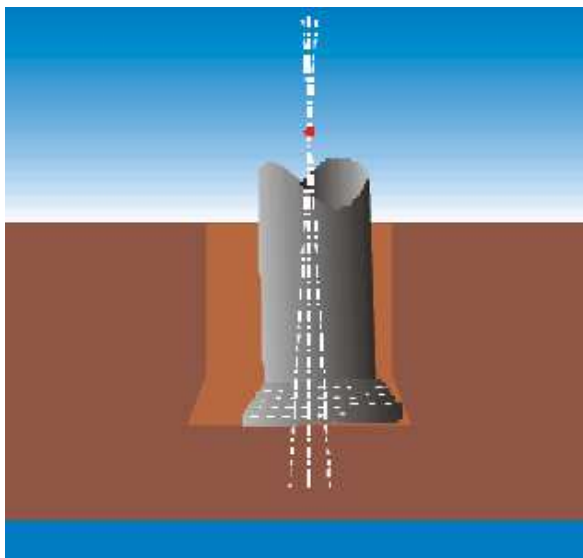
Fonte: Causse (2014)

2.5.7 Fixação dos revestimentos

Basicamente a única coisa vista do exterior do edifício, os revestimentos são de suma importância, pois são responsáveis por resistir às variações climáticas, incidência solar, poluição das cidades e esforços mecânicos causados por diversas formas.

A ancoragem desses elementos pode ser por acoplamento oculto, no qual deve haver uma preparação prévia das placas de revestimento, onde é necessário que se faça um buraco na placa, com a base ligeiramente alargada para que um chumbador especial seja posicionado para o prendimento do revestimento a estrutura, demonstrado na figura 5.

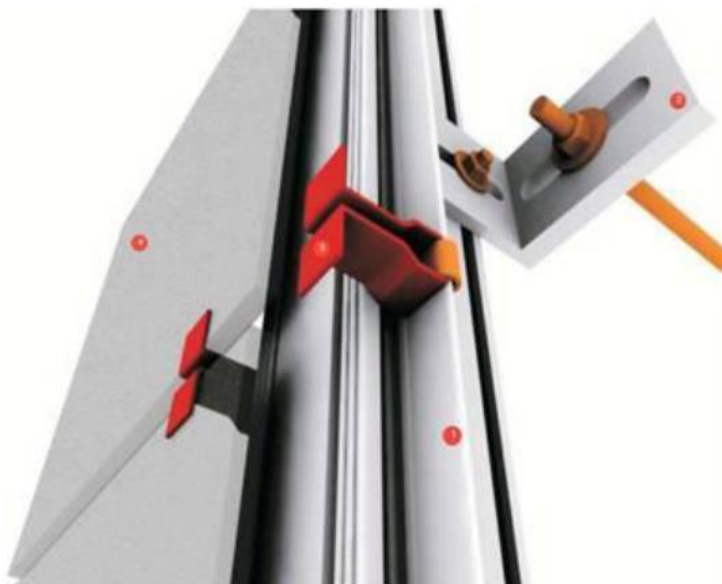
Figura 5 – Furo do revestimento para acoplamento oculto



Fonte: Siqueira Jr. (2003)

A fixação das placas por grampos – figura 6 – é uma maneira em que o detalhe de ancoragem ficará timidamente exposto, esse sistema é fixado às placas e suporta todo o peso, deve ser projetado de maneira que os grampos não ambram e suportem todo o peso das placas.

Figura 6 – Fixação do revestimento com grampos aparentes

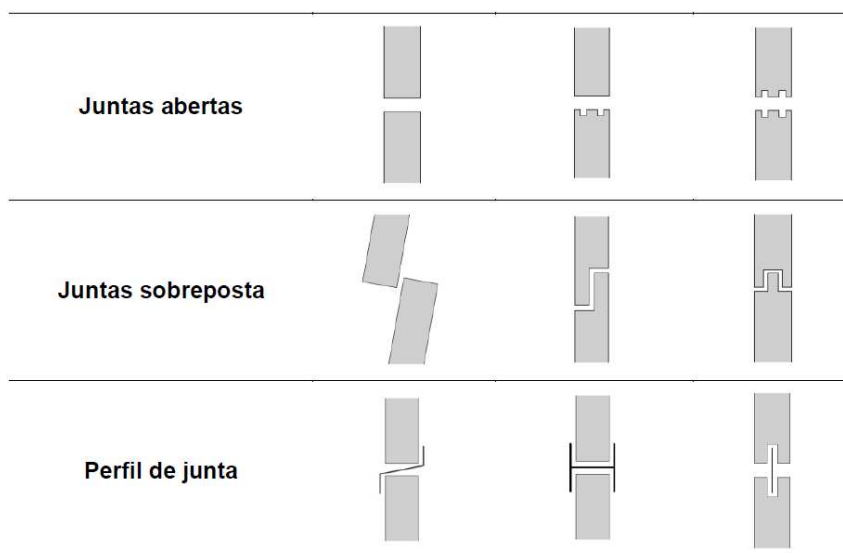


Fonte: Dutra (2010)

2.5.8 Junta dos revestimentos

De acordo com cada tipo de fachada ventilada, a junta entre os revestimentos (figura 7) deve ser projetada, podendo ser do tipo aberta, sobreposta ou através da utilização de perfis para vedação, variando em algumas maneiras de execução dentro desses três grupos. Nessa fase, o prumo e nível da edificação é extremamente importante, para que haja uma correta execução das juntas horizontais e verticais.

Figura 7 – Tipos de juntas



Fonte: Sousa (2010)

A junta aberta tem principal função de absorver os trabalhos de dilatação dos materiais de revestimento, no entanto, devido ao fato de haver um espaço entre as peças, é a que tem menor capacidade de estanqueidade à água. A junta sobreposta é um modelo “evoluído” da anterior, pois além de responder de tão bem quanto a junta aberta no quesito de dilatação térmica, tem a propriedade de ter melhor resistência à permeabilidade da água. Por fim, o perfil de junta é uma peça fixada ao perfil ou às ancoragens móveis do SFV – nesse caso pode ter função de grampo para fixação do revestimento – que promove ótima estanqueidade à água, porém requer um projeto melhor definido para que seja dimensionado de maneira a cumprir com exatidão a sua função, de forma que tenha comprimentos exatos de transpasse entre as peças de revestimento (SOUSA, 2010).

2.5.9 Acabamento

Pelo SFV ter como um dos objetivos a resistência à entrada de água e se tratar de um sistema aberto na parte de cima e na parte de baixo do edifício, é necessário que haja uma espécie de rufo elevado em cima da estrutura para que dessa forma a chuva não entre diretamente no espaço ventilado.

As esquadrias devem ser fixadas de modo que haja um pequeno espaço entre o acabamento do peitoril e o SFV, prevendo um pequeno avanço de forma a funcionar como pingadeira e não permitir a entrada de água nos pontos de encontro das duas estruturas.

Fotografia 11 - Acabamento entre esquadria e revestimento externo



Fonte: Causse (2014)

Após a verificação dos procedimentos necessários a execução do sistema de fachadas ventiladas organiza-se a proposta de estudo de caso definida no capítulo de Materiais e Métodos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Através dos conteúdos investigados pela revisão bibliográfica, em especial o estudo realizado das propriedades dos materiais, características do processo construtivo das Fachadas Ventiladas e o conforto térmico proporcionado pelas mesmas, foi realizado o estudo de caso de obra real.

A obra com o SFV investigada está localizada na cidade de Cascavel/PR. Trata-se de um edifício em altura com apartamentos dispostos de cômodos objetivando o melhor conforto térmico. O estudo de caso foi autorizado pelo Engenheiro e Engenheira Civil responsáveis pela execução do empreendimento após visita técnica à obra pelo acadêmico em 06/08/2021. O engenheiro responsável forneceu os dados necessários a pesquisa e, por razões éticas a identidade da edificação bem como da construtora e responsável técnico ficarão em sigilo.

O edifício com fachada comum, o qual será feita uma comparação de conforto ambiental, também está localizado em Cascavel/PR e apresenta localização geográfica e características construtivas similares com a construção anteriormente descrita.

O experimento foi inicialmente autorizado pelos responsáveis da obra com o SFV a ser realizado das 10 horas e 30 minutos até as 11 horas e 30 minutos, no horário de Brasília/DF, durante 10 dias úteis, com o acompanhamento de algum responsável. Entretanto, como o edifício se encontrava em fase final de acabamento, para posterior entrega, houveram dois dias em que todo o empreendimento se encontrava sem iluminação e por razões de segurança, não foi autorizada a entrada ao apartamento para realização das medições de temperatura e umidade interna, por isso os resultados finais constam com oito dias de medições.

3.1 Instrumentos de Medição

Para realização da medição de temperatura e umidade interna e externa do ambiente crítico escolhido dos apartamentos, foi utilizado um termômetro globo, modelo ITWTG-2000, como mostrado na fotografia 12.

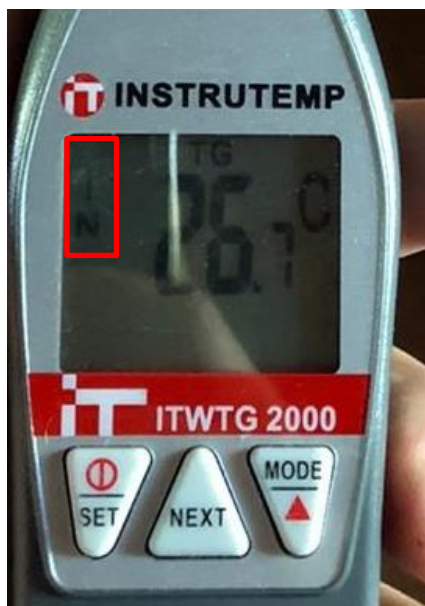
Fotografia 12 - Termômetro Globo ITWTG-2000



Fonte: Autoria própria

Foi necessária maior atenção quando se estava retirando as medições pois o termômetro consta com um modo de medição interna e externa, nomeada no visor do aparelho com as palavras “IN” e “OUT”, como na fotografia 13, o qual requereu ser manualmente alterado para que não houvesse distorção de resultados.

Fotografia 13 – Modo de Medição Interna do Termômetro



Fonte: Autoria própria

Também foi preciso atenção em abrir a proteção do sensor do aparelho, fotografia 14, para que houvesse maior confiabilidade e precisão dos dados finais.

Fotografia 14 – Sensor do Termômetro Aberto



Fonte: Autoria própria

Após atenção primordial aos primeiros passos para início das medições, foi deixado o termômetro ligado e com o protetor aberto durante cinco a dez minutos no local em que estava sendo realizado a medição, para que houvesse a estabilização do sensor. Esse tempo, foi previamente definido em experimentos, pois foi o necessário para que os dados do visor parassem de oscilar.

Com a estabilização foi anotado em planilha os dados para posterior obtenção dos resultados de Temperatura do Ar (TA), Temperatura do Globo Preto (TG), Umidade Relativa (S) e Temperatura Global com Termômetro Úmido (WBGT).

Finalizada a medição no interior do Edifício ventilado, foi realizado os mesmos passos anteriormente citados do lado externo, com o termômetro na função correta (OUT), como previamente explicado.

Posteriormente, para medição da velocidade real do vento incidente na fachada ventilada no determinado dia, foi utilizado um anemômetro digital, modelo SKAD-01, fotografia 15. Para esse equipamento foi necessário atenção na direção exata do vento no local para que o mesmo incidisse perpendicularmente à hélice do aparelho, resultando em uma maior precisão de velocidade do vento.

Fotografia 15 – Anemômetro Digital modelo SKAD-01



Fonte: Autoria própria

Para verificação exata da direção do vento, foi utilizada uma fita de presente de aproximadamente cinco milímetros de largura e 20 centímetros de comprimento para posicionamento do anemômetro digital, demonstrado na fotografia 16.

Fotografia 16 – Fita de Conferência da Direção do Vento



Fonte: Autoria própria

Após preparar o equipamento para o uso, foi feita a medição da velocidade do vento durante 10 minutos na base dos dois prédios. Para precisão do resultado, o anemômetro possui uma memória que grava a velocidade máxima do vento medido durante todo o tempo.

Após realizada as medições no edifício com o SFV, foram repetidos os passos do experimento na construção com o sistema de fachada comum e anotado os resultados em outra planilha para posterior comparação dos resultados.

3.2 Análise Construtiva dos Edifícios

Visando obter o estudo comparativo dos dois sistemas de fachadas segue o detalhamento e particularidades a respeito das obras investigadas como estudo de caso.

3.2.1 Edifício com Fachada Ventilada

O edifício possui fachada frontal voltada para o hemisfério Norte, com essa direção de projeto, é possível com que o edifício tenha o melhor aproveitamento lumínico e térmico combinado com o desenho de sua arquitetura, pois faz com que a sala, cozinha e suíte principal tenham o sol das primeiras horas da manhã como principal fonte de luz e calor, permitindo maior conforto para os ambientes com maior utilização durante o dia.

O apartamento escolhido para realização do experimento está localizado no quarto andar, o qual é o segundo andar com apartamentos residenciais; os dois primeiros andares são de área comum; esse posicionamento, tendo em vista que a cidade de Cascavel - PR se encontra ao sul da linha do Equador, permite que apenas pela manhã o sol incida parcialmente pelas aberturas dos cômodos, como mostrado na fotografia 17.

Fotografia 17 – Incidência Solar da Suíte Principal



Fonte: Autoria própria

Pensando no ambiente mais crítico, em relação ao estudo avaliativo de temperatura interna, foi escolhido o cômodo que obtivesse o maior contato com a incidência dos raios solares em suas paredes externas, de acordo com o horário do experimento. Para o Edifício com o SFV foi escolhido a suíte master, o qual tinha duas paredes externas em contato com o sol matutino.

3.2.2 Edifício com Fachada Comum

O prédio com a fachada desprovida de ventilação especial, tem a face principal voltada para o Norte, sua construção também foi pensada na obtenção do melhor conforto térmico para os principais ambientes utilizados com maior frequência durante o dia.

O apartamento escolhido se encontra no terceiro andar, foi selecionado essa localização para que suas características fossem o mais parecidas possíveis com o equipado com a Fachada Ventilada. Os cômodos escolhidos dos dois apartamentos contam com uma única abertura voltada para o Norte.

No caso do edifício com fachada comum, o ambiente com maior contato com a iluminação solar no horário do experimento foi a sala de televisão, com duas paredes em contato direto com os raios solares, tornando o ambiente o mais crítico para análise da temperatura.

3.3 Estudo de Comparação do Conforto Ambiental

Após a análise da obra, o estudo prático consistiu na avaliação e comparação do conforto ambiental proporcionado do edifício em questão com um edifício definido na cidade de Cascavel sem o SFV e com características de implantação, construtivas e arquitetônicas o mais parecidas possíveis da construção inicialmente citada. Para obtenção de tais informações, foi feita a medição diária, durante oito dias, da temperatura e umidade do ambiente externo da edificação e dos cômodos de um apartamento de cada um dos edifícios, com o auxílio de um termômetro globo ITWTG-2000, o qual tem por característica a medição da temperatura do ar, temperatura global e porcentagem de umidade do ar, gerando a partir desses dados um índice de pressão do calor do ambiente em estudo.

Além dos dados básicos para o conforto ambiental, a velocidade do vento do ambiente externo das edificações também foi analisada, com o auxílio de um anemômetro digital modelo SKAD-01, o qual faz análises das velocidades máximas e mínimas do vento, através de uma ventoinha localizada no topo do instrumento.

Foi avaliado o desempenho térmico dos ambientes do apartamento de acordo o bioclima da cidade de Cascavel, com a NBR 15575 – norma de desempenho para edificações habitacionais - com a NBR 15220 – norma de desempenho térmico de edificações - tipo de material utilizado e vedação dos edifícios, os quais tiveram os processos construtivos descritos minuciosamente para maior diferenciação dos materiais utilizados.

Os resultados foram calculados com o auxílio do software Microsoft Excel para não haver chances de erro em cálculos repetitivos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Sistema de Fachada Ventilada tem o objetivo de trabalhar de maneira a diminuir a temperatura interna dos ambientes dos edifícios em dias quentes e reter a temperatura em dias frios. Além do controle de temperatura cabe ao sistema promover um bom isolamento acústico dos ambientes. Estas ações ocorrem através do aproveitamento do vento para que haja diminuição do consumo energético posteriormente à implantação do SFV e principalmente garanta um bom conforto ambiental aos ocupantes da edificação, fator crucial para o desenvolvimento humano.

4.1 Construção da Fachada Ventilada

O edifício com o SFV é um edifício de alto padrão. Tendo isso em vista, pensando no maior conforto térmico dos ambientes e no menor consumo energético para os moradores, juntamente com os ventos intensos da cidade de Cascavel, foi decidido que seria usado uma tecnologia inovadora para controle do conforto ambiental interno dos apartamentos. Para isso uma empresa especializada em Fachadas Ventiladas foi contratada para projetar e executar o sistema. De acordo com a preferência dos Engenheiros e Arquitetos, foi escolhida a fachada ventilada do modelo longo.

Além da questão referente ao conforto térmico o uso do SFV foi adotado devido ao perigo no uso de materiais de revestimento colados à fachada, como azulejos e pastilhas a partir de certa altura do edifício, por conta do descolamento de revestimentos quando mal executados. Assim, por prevenção, a adoção da fachada ventilada constitui um sistema com revestimento externo em porcelanato e juntas abertas.

O sistema longo se diferencia pelo método de fixação dos revestimentos não aparente – opção escolhida por se tratar de um edifício de alto padrão e assim não aparecer rebarbas de acabamento na fachada frontal do edifício – com espécies de trilhos colados com produto especial, identificados na fotografia 18.

Fotografia 18 – Fixação das placas de revestimento

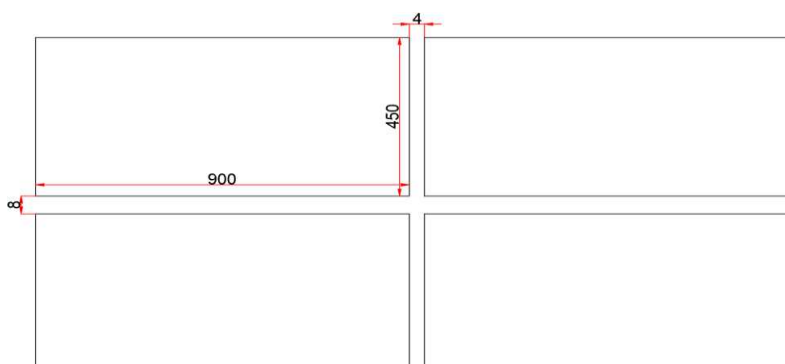
Fonte: Autoria própria

A estrutura de sustentação, mostrada na fotografia 19, é fixada mecanicamente por chumbadores nas estruturas de concreto do edifício e é composta por cantoneiras, perfis verticais e ancoragens móveis de alumínio, optou-se por não utilizar fixação química por conta da fragilidade de tijolos em cerâmica. Quando se tem necessidade de realizar a manutenção de alguma placa nesse sistema, é necessário retirar todas as placas de revestimento da linha da que será ajustada, a estrutura de ancoragens móveis funciona como um trilho para o revestimento. Portanto, trata-se de um sistema com novas tecnologias que atende a questão de segurança e combina a eficácia do sistema com o apelo estético.

Fotografia 19 – Estrutura de Alumínio da Fachada Ventilada

Fonte: Autoria própria

O revestimento da fachada escolhido foi em porcelanato, com juntas abertas. O sistema longo conta com espaçamentos entre 4 e 8 milímetros. No caso do edifício em questão, foram utilizados espaçamentos entre as placas de cobertura de 4mm na vertical e 8 na horizontal, cada peça de revestimento variou de tamanhos de 900 x 450 mm e 900 x 900 mm, demonstrados na figura 8.

Figura 8 – Espaçamento das Juntas Abertas

Fonte: Autoria própria

A fachada longo adotada não faz a utilização de mantas térmicas, tendo em vista que a cidade de Cascavel não é uma cidade que possui invernos muito rigorosos, como em países do hemisfério norte. Por trás da fachada tem-se apenas uma

aplicação de primer e impermeabilizante para maior proteção do sistema de vedação do edifício, por isso foi dispensado o uso de chapisco, emboço e reboco.

Os primeiros andares da edificação abrigam a área comum e possuem revestimentos propostos a destacar a volumetria da obra. O SFV tem seu início a partir do terceiro pavimento, pois é o andar a partir de onde começam os apartamentos residenciais e se estende até o último pavimento onde foi realizado um rufo elevado para proteção do topo da estrutura da ação direta da chuva e intemperismo.

4.2 Construção da Fachada Comum

A estrutura do edifício sem o SFV, se deu pela vedação em blocos cerâmicos, assim como na fachada abordada pelo item 4.1. Entretanto houve a necessidade da utilização de chapisco, reboco e pintura especial para ambientes externos e assim proteção da estrutura, pois quando não se faz o uso do sistema abordado de ventilação, são passos obrigatórios e indispensáveis para um bom processo construtivo.

4.3 Medições nos Edifícios

Através do experimento realizado de medições de temperatura e umidade interna e externa dos ambientes e da velocidade do vento, foram obtidos valores de temperatura do ar (TA), temperatura do globo preto (TG), umidade (S) e temperatura global com termômetro úmido (WBGT) dos ambientes internos e externos do apartamento com o SFV – tabela 1 – e do apartamento com fachada comum – tabela 2. Além disso também foi levada em consideração o tempo do respectivo dia em que a medição foi realizada e anotada a diferença de temperatura e umidade do ambiente externo para o interno.

Tabela 1 – Medições do Edifício com SFV

Data	Interno	Externo	Tempo	Vento	Diferença
11/10/2021	TA (°C)	21,3	TA (°C)	23,4	2,1
	TG (°C)	22,1	TG (°C)	32,1	10
	S (%)	63,7	S (%)	54,5	-9,2
	WBGT (°C)	18,3	WBGT (°C)	20,8	2,5
12/10/2021	TA (°C)	22,7	TA (°C)	27,4	4,7
	TG (°C)	22,1	TG (°C)	41,4	19,3
	S (%)	59,1	S (%)	43,6	-15,5
	WBGT (°C)	18,8	WBGT (°C)	24	5,2
13/10/2021	TA (°C)	24,4	TA (°C)	27,8	3,4
	TG (°C)	23,5	TG (°C)	36,4	12,9
	S (%)	50,6	S (%)	38	-12,6
	WBGT (°C)	19,3	WBGT (°C)	22,7	3,4
14/10/2021	TA (°C)	23,4	TA (°C)	21,1	-2,3
	TG (°C)	22,4	TG (°C)	27,3	4,9
	S (%)	55,6	S (%)	60,5	4,9
	WBGT (°C)	19,1	WBGT (°C)	19,3	0,2
15/10/2021	TA (°C)	20,8	TA (°C)	19,6	-1,2
	TG (°C)	20,6	TG (°C)	20,7	0,1
	S (%)	74,6	S (%)	76,8	2,2
	WBGT (°C)	18,5	WBGT (°C)	17,9	-0,6
18/10/2021	TA (°C)	21,4	TA (°C)	20,9	-0,5
	TG (°C)	21,7	TG (°C)	29,5	7,8
	S (%)	62,1	S (%)	70,7	8,6
	WBGT (°C)	18,1	WBGT (°C)	20	1,9
19/10/2021	TA (°C)	22,3	TA (°C)	30,2	7,9
	TG (°C)	22,1	TG (°C)	37,4	15,3
	S (%)	58,7	S (%)	37,4	-21,3
	WBGT (°C)	18,6	WBGT (°C)	21,8	3,2
20/10/2021	TA (°C)	22	TA (°C)	23,3	1,3
	TG (°C)	20,8	TG (°C)	33,9	13,1
	S (%)	51,1	S (%)	40	-11,1
	WBGT (°C)	17,1	WBGT (°C)	19,9	2,8

Fonte: Autoria própria

Tabela 2 – Medições do Edifício sem SFV

Data	Interno	Externo	Tempo	Vento	Diferença	
11/10/2021	TA (°C)	24	TA (°C)	23,2		-0,8
	TG (°C)	23,4	TG (°C)	34,2	Sol e	10,8
	S (%)	60,8	S (%)	55,2	nuvens	-5,6
	WBGT (°C)	19,8	WBGT (°C)	20,2	4,6 m/s	0,4
12/10/2021	TA (°C)	26	TA (°C)	28		2
	TG (°C)	24,9	TG (°C)	40,2	Sol	15,3
	S (%)	53,4	S (%)	41,9	2,7 m/s	-11,5
	WBGT (°C)	20,9	WBGT (°C)	23,8		2,9
13/10/2021	TA (°C)	27,3	TA (°C)	29,8		2,5
	TG (°C)	25,4	TG (°C)	38,3	Sol	12,9
	S (%)	47,3	S (%)	33,5	5,4 m/s	-13,8
	WBGT (°C)	21,1	WBGT (°C)	23,4		2,3
14/10/2021	TA (°C)	25,3	TA (°C)	23,6		-1,7
	TG (°C)	24,3	TG (°C)	28,6	Parc.	4,3
	S (%)	54	S (%)	55,5	Nublado	1,5
	WBGT (°C)	20,3	WBGT (°C)	20,3	2,8 m/s	0
15/10/2021	TA (°C)	21,1	TA (°C)	19		-2,1
	TG (°C)	21,2	TG (°C)	21,4	Chuva	0,2
	S (%)	77,8	S (%)	75,5	Nublado	-2,3
	WBGT (°C)	21,1	WBGT (°C)	17,8	4,4 m/s	-3,3
18/10/2021	TA (°C)	23,3	TA (°C)	23,8		0,5
	TG (°C)	22,8	TG (°C)	28,5	Nublado	5,7
	S (%)	60	S (%)	64	2,0 m/s	4
	WBGT (°C)	19	WBGT (°C)	21,3		2,3
19/10/2021	TA (°C)	26,8	TA (°C)	28,8		2
	TG (°C)	24,6	TG (°C)	38,5	Parc.	13,9
	S (%)	47,3	S (%)	34,7	Nublado	-12,6
	WBGT (°C)	20,6	WBGT (°C)	22,6	2,6 m/s	2
20/10/2021	TA (°C)	24,4	TA (°C)	25		0,6
	TG (°C)	22,9	TG (°C)	37,5	Sol e	14,6
	S (%)	45	S (%)	35	nuvens	-10
	WBGT (°C)	18,3	WBGT (°C)	21	2,2 m/s	2,7

Fonte: Autoria própria

Através da análise dos dados obtidos diariamente, foi realizado uma média entre as temperaturas e umidades internas e externas, bem como a velocidade do vento nas duas localizações.

Tabela 3 – Médias Edifício com SFV

Interno		Externo	
TA (°C)	22,15	TA (°C)	23,35
TG (°C)	22,1	TG (°C)	33
S (%)	58,9	S (%)	49,05
WBGT (°C)	18,55	WBGT (°C)	20,4
Vento (m/s):			3,65

Fonte: Autoria própria

A tabela 3 representa as médias para o edifício com SFV e a tabela 4 a mesma relação para o prédio sem o sistema ventilado.

Tabela 4 – Médias do Edifício sem SFV

Interno		Externo	
TA (°C)	24,85	TA (°C)	24,4
TG (°C)	23,85	TG (°C)	35,85
S (%)	53,7	S (%)	48,55
WBGT (°C)	20,45	WBGT (°C)	21,15
Vento (m/s):			2,75

Fonte: Autoria própria

Observou-se que a temperatura do ar interna ao ambiente com o sistema de fachadas ventiladas obteve uma média de 1,2°C abaixo da temperatura média diária externa ao edifício, enquanto que com o empreendimento comparado a diferença de temperatura média entre os dois ambientes (interno e externo) foi de 0,45°C mais quente, resultando em uma diferença de temperatura de 1,65°C entre os dois apartamentos quando comparados.

Devido ao fato de as medições terem sido feitas em dias predominantemente chuvosos e nublados, foi analisado também que a maior diferença de temperaturas e umidades do SFV e da fachada comum, representadas nas tabelas 5 e 6 a seguir, respectivamente.

Tabela 5 – Máxima diferença da Fachada Ventilada

TA (°C)	7,9
TG (°C)	19,3
S (%)	21,3
WBGT (°C)	5,2

Fonte: o Autor

Tabela 6 – Máxima diferença da Fachada Comum

TA (°C)	2,5
TG (°C)	15,3
S (%)	13,8
WBGT (°C)	3,3

Fonte: Autoria própria

Percebeu-se diferenças drásticas em dias com sol intenso para com o sistema ventilado, dessa forma não se deu necessário a utilização da refrigeração artificial, tendo em vista que a temperatura considerada como confortável para os seres humanos está entre os 23°C. Além disso, conforme a NBR 15575, a qual prevê que a para dias quentes a temperatura interna deve ser no máximo a mesma do lado externo ao edifício, a medição no interior do imóvel apenas de um dia resultou em 24,4°C, dando necessidade na utilização de refrigeração artificial.

No caso da edificação de fachada comum a temperatura interna do ambiente se manteve abaixo dos 23°C em apenas dois dias. Devido a este fato acabou mantendo uma temperatura ambientalmente desconfortável para os moradores, sendo necessária a utilização de meios artificiais para refrigeração da sala de estar.

5 Conclusão

As temperaturas internas ao ambiente do edifício com o Sistema de Fachadas Ventilada foram mais baixas quando comparadas ao edifício com uma fachada comum, apenas em alvenaria, devido ao efeito chaminé proporcionado pela tecnologia.

Além disso a oportunidade de se executar o acabamento final da obra juntamente com a execução da alvenaria pode ser uma vantagem financeira para os empreendedores e engenheiros da obra, quando combinada a um cronograma de execução de obra bem definido e elaborado.

Entretanto, devido ao fato de o mês de outubro ter sido um período atípico pela quantidade de chuvas na região de Cascavel/PR, acredita-se que os resultados podem ser melhor analisados se o tempo predominante dos experimentos for mais ensolarado, por isso aconselha-se que os testes sejam repetidos em um experimento com condições de tempo mais propícias para o SFV.

Através dos valores obtidos e analisados durante os oito dias de medição, percebe-se uma nítida média menor de temperaturas internas para o SFV, dentro dos valores definidos como confortáveis anteriormente pelas normas analisadas nesse trabalho, devido a isso é possível concluir que o sistema inovador pode funcionar perfeitamente em na maioria dos bioclimas do Brasil, o qual está localizado em uma região com temperaturas mais quentes do que extremamente frias.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Nbr 1557-1**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Anais...**2017.

ALLBIZ. **Sistema de Alumínio para Fachadas Cortinas**. Disponível em: <<https://all.biz/br-pt/sistema-de-aluminio-para-fachadas-cortinas-g°6483>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

CAUSS, L. W. **Sistema de Fachada Ventilada em Edificações: Características, Métodos Executivos e Aplicações**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

DUTRA, H. **Fachadas ventiladas: opção sustentável, econômica e moderna**. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/fachadas-ventiladas/>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

ELIANETEC. **Projetos Fachadas Ventiladas**. Disponível em: <<https://elianetec.com/projetos/fachadas-ventiladas>>.

GOETGHELUCK, LAURENT. **Isolation thermique par l'extérieur en rénovation**. Disponível em: <<https://www.batirama.com/article/2108-isolation-thermique-par-l-exterieur-en-renovation.html>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

HUNTERDOUGLAS. **Fachadas ventiladas Prodema ProdEX**Bogotá, 2015.

MACCARI BLAZIUS, C. **Fachada ventilada: Materiais e técnicas adotadas no Brasil e no exterior**. [s.l.] Instituto Federal Santa Catarina, 2019.

MARQUES, D. **Processo de Propagação de Calor**, [s.d.].

REYNAERS GROUP. **Fachada Cortina**. Disponível em: <<https://www.reynaers.pt/pt-PT/fachada-cortina>>. Acesso em: 16 jul. 2021.

SIQUEIRA JR, A. A. DE. **Tecnologia de fachada-cortina com placas de grês porcelanato**. [s.l.] ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2003.

TÉCHNE. Fachadas respirantes. **Revista Técnica**, p. 42–49, 2009.