

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO - CTC
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

LEONEL WERLICH CAUSS

**SISTEMA DE FACHADA VENTILADA EM
EDIFICAÇÕES: CARACTERÍSTICAS, MÉTODOS
EXECUTIVOS E APLICAÇÕES**

**FLORIANÓPOLIS
2014**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Causs, Leonel Werlich
SISTEMA DE FACHADA VENTILADA EM EDIFICAÇÕES:
CARACTERÍSTICAS, MÉTODOS EXECUTIVOS E APLICAÇÕES / Leonel
Werlich Causs ; orientador, Wellington Longuini Repette -
Florianópolis, SC, 2014.
122 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Fachada ventilada. 3. Materiais
e métodos executivos. 4. Manifestações patológicas. 5.
Estudos de caso. I. Repette, Wellington Longuini. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

LEONEL WERLICH CAUSS

**SISTEMA DE FACHADA VENTILADA EM
EDIFICAÇÕES: CARACTERÍSTICAS, MÉTODOS
EXECUTIVOS E APLICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelo acadêmico Leonel Werlich Caus à banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

**ORIENTADOR: PROF. DR. WELLINGTON LONGUINI
REPETTE**

**FLORIANÓPOLIS
2014**

LEONEL WERLICH CAUSS

**SISTEMA DE FACHADA VENTILADA EM EDIFICAÇÕES: CARACTERÍSTICAS,
MÉTODOS EXECUTIVOS E APLICAÇÕES**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil, e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil.

Florianópolis, 02 de dezembro de 2014.


Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:


Prof. Wellington Longuini Repette, Dr.
Orientador

Prof. Fernanda Fernandes Marchiori, Dr.
Membro da banca examinadora

Prof. Nora Maria de Patta Pillar, Gr.
Membro da banca examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me guiado sempre em minha trajetória para tomar as decisões certas e proporcionado todas as oportunidades maravilhosas que tenho para crescer.

A toda minha família, principalmente meus pais, Alberto Caus Fillho e Alzenir Werlich, que desde o meu nascimento sempre me apoiaram, conduziram e mostraram que umas das coisas mais importantes da vida é a educação.

À minha namorada Lays Halsey, por me dar muito amor e alegria todos os dias. Por sua paciência e compreensão durante o período da faculdade, no qual grande parte do tempo foi dedicado aos estudos.

Ao professor orientador Wellington L. Repette, por ter acreditado em meu projeto e ter me auxiliado de forma incessante, sempre disposto a tirar dúvidas e aclarar minha pesquisa.

Aos meus amigos da faculdade, que desde o ingresso na universidade me ajudaram e alegraram os dias da graduação.

Aos engenheiros Henri Horst, Alexandre Durieux, João Batista, Renato de Souza e Ellington Colombi que me proporcionaram grande parte dos conhecimentos adquiridos na engenharia, principalmente no campo da construção civil.

Ao Epec, Hantei Engenharia e Construtora Dionísio Deschamps pela oportunidade de estágio para aprimoramento dos conhecimentos obtidos em sala de aula.

À construtora Woa, loja Favorita e construtora Hantei pela disponibilização de seus empreendimentos para os estudos de caso e ao arquiteto Fábio Lunardelli pelo auxílio na elaboração desse trabalho.

Por fim, quero agradecer a todos que de alguma forma me ajudaram ou incentivaram-me ao longo de toda a minha jornada acadêmica, sem esse apoio, o trajeto teria sido muito mais tortuoso.

“Cada vez que você subir um degrau no sucesso, suba dois na humildade.”

(Rodrigo Lamego)

RESUMO

Devido aos avanços tecnológicos na construção civil e aos inovadores sistemas de fachadas associado a sua crescente demanda de utilização nos empreendimentos, esse trabalho traz as principais características de fachada ventilada utilizada nas edificações, abordando todos os seus componentes e explicações a respeito deles. É tratado também dos materiais predominantemente utilizado nos edifícios, incluindo os revestimentos externos, isolantes térmicos e sistemas de fixação. Versa-se a respeito dos métodos executivos e suas etapas desde a concepção de projeto até a verificação final de execução, associado também, aos posteriores defeitos como as principais manifestações patológicas existentes nesse tipo de sistema de fachada. Por fim, com a finalidade de elucidar o exposto na teoria, são realizados três estudos de caso de execução na região da Grande Florianópolis envolvendo um edifício comercial, um residencial e uma unidade comercial.

Palavras-chave: Fachada ventilada, materiais, métodos executivos, manifestações patológicas, estudos de caso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes da fachada ventilada.	6
Figura 2 - Fluxo de calor (a) e perfil de temperatura (b) em fachada ventilada, no verão.	9
Figura 3 - Perfil de temperatura (a) e fluxo de calor (b) em fachada ventilada, no inverno.	10
Figura 4 - Tipos de juntas.....	11
Figura 5 - Formas e fixações para revestimentos cerâmicos.	17
Figura 6 - Sistema de acoplamento oculto aplicado no tardo de uma placa de grês porcelanato.....	19
Figura 7 - Principais tipos de acabamento em granito, mármore e calcário.....	22
Figura 8 - Revestimento em pedra natural.	23
Figura 9 - Composição de painéis fenólicos.	24
Figura 10 - Formas de fixação de painéis fenólicos.	25
Figura 11 - Edifício com sistema de fachada ventilada em vidro.	26
Figura 12 - Elementos de fixação de revestimentos em vidro.	27
Figura 13 - Composição de painel em alumínio composto.	28
Figura 14 - Fachada ventilada com revestimento em painéis fotovoltaicos.....	30

Figura 15 - Exemplos de fachada ventilada com uso de naturocimento.....	31
Figura 16 - Fachada ventilada de madeira maciça em ripas (esq.) e elementos de reduzida dimensão (dir.)	32
Figura 17 - Lã de rocha fixado à fachada.	34
Figura 18 - Fixação por meio de cavilhas.	37
Figura 19 - Fixação por grampos.	38
Figura 20 - Exemplo de ancoragem linear.	39
Figura 21 - Fachada ventilada em ripas de madeira fixados por meio de parafusos.....	40
Figura 22 - Lâminas simples fixadas por encaixe (esq.) e aerodinâmicas fixas e móveis (duas da dir.).....	41
Figura 23 - Balancim elétrico.....	49
Figura 24 - Andaime fachadeiro.....	50
Figura 25 - Grua.	51
Figura 26 - Mesa de corte.	52
Figura 27 - Cantoneiras metálicas do sistema de fixação.....	54
Figura 28 - Utilização de "calços" na afinação do prumo dos perfis.	55
Figura 29 - Bucha de fixação de PVC.....	56
Figura 30 - Detalhamento do fechamento superior.	58
Figura 31 - Detalhamento de fechamento inferior.	59
Figura 32 - Acabamento entre esquadria e revestimento externo.....	60

Figura 33 - Variação de coloração em revestimento fenólico.	64
Figura 34 - Oxidação do dispositivo de fixação.	65
Figura 35 - Quebra do revestimento externo.	67
Figura 36 - Queda de revestimento da fachada ventilada.	68
Figura 37 - Manchas de microrganismos em fachada ventilada com revestimento de pedra natural.	69
Figura 38 - Vandalismo em revestimento de placas fenólicas.....	70
Figura 39 - Localização do empreendimento Kennedy Towers (em azul).	73
Figura 40 - Sistema de fixação na base suporte.	75
Figura 41 - Isolante térmico de lã de rocha.	76
Figura 42 - Fechamento superior da fachada ventilada. ..	77
Figura 43 - Instalação dos perfis horizontais (ancoragem linear).	78
Figura 44 - Colocação de uma camada de poliuretano no tardo na peça.	79
Figura 45 - Encaixe da peça cerâmica.....	80
Figura 46 - Componentes da fachada ventilada.	81
Figura 47 - Acabamento entre esquadrias e revestimento externo.	82
Figura 48 - Sistema de fachada ventilada instalado.	83
Figura 49 - Localização do empreendimento Simphonia (em azul).	84

Figura 50 - Armazenagem dos materiais. Revestimento externo (esq.) e perfis metálicos (dir.).....	84
Figura 51 - Balancim elétrico visto de cima.	85
Figura 52 - Sistema de fixação.....	86
Figura 53 - Instalação dos perfis metálicos.	86
Figura 54 - Fechamento superior.	87
Figura 55 - Fachada ventilada instalada.	88
Figura 56 - Localização da loja Favorita (em azul).	89
Figura 57 - Retrofit da fachada.....	90
Figura 58 - Sistema de fixação da fachada.	91
Figura 59 - Fixação por parafusos.	91
Figura 60 - Detalhe de encontro entre fachadas.	92
Figura 61 - Detalhamento da junta de encontro de fachadas.	93
Figura 62 - Fechamento superior.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características das pedras.	20
Tabela 2 - Dimensões e fixações para revestimentos em madeira ou derivados.	33
Tabela 3 - Características da lã de rocha.	33
Tabela 4 - Características do poliestireno expandido.	35
Tabela 5 - Características do poliestireno extrudido.	35
Tabela 6 - Requisitos de desempenho.	44
Tabela 7 - Elementos constituintes do sistema de fachadas ventiladas e suas exigências.	46
Tabela 8 - Causas das manifestações patológicas.	71

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Justificativa	2
1.2.	Objetivo geral.....	3
1.3.	Objetivos específicos.....	3
1.4.	Estrutura do trabalho	3
1.5.	Delimitação do trabalho	4
2.	FACHADA VENTILADA	5
2.1.	Caracterização da fachada ventilada	5
2.2.	Sistema da fachada ventilada	6
2.2.1.	Base suporte.....	7
2.2.2.	Camada de isolamento.....	7
2.2.3.	Subestrutura auxiliar de fixação	7
2.2.4.	Câmara de ar	8
2.2.5.	Revestimento externo.....	10
2.2.6.	Juntas.....	10
2.3.	Vantagens e desvantagens do uso de fachada ventilada	12
2.4.	Normatização de fachada ventilada	13
3.	MATERIAIS UTILIZADOS EM FACHADA VENTILADA.....	16

3.1.	Revestimento Externo	16
3.1.1.	Cerâmica.....	16
3.1.2.	Grês porcelanato	17
3.1.3.	Pedras naturais.....	19
3.1.4.	Placas fenólicas	23
3.1.5.	Vidro.....	25
3.1.6.	Alumínio composto	27
3.1.7.	Painéis fotovoltaicos	29
3.1.8.	Naturocimento.....	30
3.1.9.	Madeira	31
3.2.	Isolantes térmicos.....	33
3.2.1.	Lã de rocha	33
3.2.2.	Poliestireno expandido (EPS).....	34
3.2.3.	Poliestireno extrudido (XPS)	35
3.3.	Componentes de fixação	36
3.3.1.	Ancoragem por cavilhas	36
3.3.2.	Ancoragem por grampos	37
3.3.3.	Ancoragem linear por encaixe.....	38
3.3.4.	Fixação por parafusos ou rebites	39
3.3.5.	Fixação de lâminas fixas ou móveis.....	40

4.	PROJETO E EXECUÇÃO DE FACHADA VENTILADA.....	42
4.1.	Projeto de fachada ventilada	42
4.2.	Canteiro de obras e recebimento de material.....	46
4.3.	Equipamentos utilizados na execução	48
4.4.	Métodos executivos	52
4.4.1.	Verificações iniciais	52
4.4.2.	Fixação das ancoragens.....	53
4.4.3.	Instalação do isolamento térmico	55
4.4.4.	Fixação dos perfis.....	57
4.4.5.	Instalação do revestimento externo.....	57
4.5.	Fechamentos, arremates e acabamentos	58
4.6.	Câmara de ar	60
4.7.	Segurança na instalação e manutenção	61
5.	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	63
5.1.	Variação de cor do revestimento.....	63
5.2.	Oxidação dos elementos de fixação.....	64
5.3.	Quebra ou fissuras de revestimento externo	65
5.4.	Desprendimento do revestimento.....	67
5.5.	Proliferação de microrganismos	68

5.6.	Vandalismo	69
5.7.	Infiltrações na câmara de ar	70
5.8.	Considerações sobre as manifestações patológicas	71
6.	ESTUDO DE CASO.....	73
6.1.	Estudos de caso de execução.....	73
6.1.1.	Edifício comercial – Kennedy Towers	73
6.1.2.	Edifício residencial – Simphonia.....	83
6.1.3.	Loja comercial – Favorita.....	88
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
7.1.	Sugestões para trabalhos futuros.....	96
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
	ANEXO A – EXEMPLO DE PROJETO DE FACHADA VENTILADA.....	103

1. INTRODUÇÃO

Nos mais diversos ramos da engenharia civil, houve uma grande evolução tecnológica dos sistemas construtivos devido a necessidade de aperfeiçoamentos, segurança, agilidade e modernização da construção.

As fachadas sempre foram a identidade dos empreendimentos, e com isso, também foram incluídas nessa área de desenvolvimento, passando das tradicionais fachadas pintadas para outras mais sofisticadas.

Segundo Siqueira Júnior (2003), a fachada é um elemento fundamental para a valorização de uma edificação. Suas funções são muito importantes pelo fato desta, juntamente com a cobertura, constituírem o envoltório da edificação e, portanto, serem as responsáveis pela conservação das condições ambientais internas como o conforto termo-acústico, a insolação e a manutenção dos níveis de segurança e privacidade dos usuários.

Além disso, o Brasil é um país de clima predominantemente tropical e chuvoso. Essas condições climáticas acarretam em um local muito propício ao uso de revestimentos nas fachadas, tanto pelo aspecto de desempenho como pela durabilidade, principalmente no caso das cidades litorâneas, por exemplo, que estão sujeitas a uma agressividade muito maior devido ao vento e maresia. Sendo assim, esta tendência torna as fachadas compostas por revestimentos, uma atratividade muito grande para o mercado consumidor, sendo seu uso muitas vezes associado ao próprio padrão de qualidade da construção, valorizando o imóvel.

Outro ponto crucial a ser levantado é que a escolha do tipo de sistema de fachada tem um papel muito importante no desempenho final da edificação, não somente pela identidade, mas principalmente porque é um dos elementos construtivos mais propensos à ocorrência de manifestações patológicas e ocorrências de anomalias tanto externa como internamente.

Campos (2011) comenta que as fachadas ventiladas são amplamente utilizadas nos países europeus. Esses sistemas destacam-se pelas qualidades de eficiência energética, beleza, resistência, potencial criativo e conforto, os quais são argumentos que promovem as especificações entre os profissionais da indústria da construção civil.

Inseridos neste contexto e acreditando na potencialidade de emprego destes sistemas no Brasil, no presente trabalho são apresentadas as principais características desse sistema, tanto em sua concepção como após a execução e também diretrizes para o desenvolvimento do projeto e produção de fachadas ventiladas.

1.1. Justificativa

O sistema de fachada ventilada tem sido empregado com bastante frequência nos países europeus ao longo dos últimos anos. No Brasil, porém, este sistema ainda não é muito utilizado, mas devido a evoluções tecnológicas está ganhando espaço nas edificações. Deste modo, observa-se a necessidade de estudos para acompanhamento da evolução tecnológica de todas as etapas, já que este sistema é uma excelente solução em diversos parâmetros.

O Brasil, por ser um país de clima predominantemente tropical, é um local muito propício para a utilização deste sistema, já que será demonstrado que o mesmo tem grandes vantagens em relação ao conforto térmico e, assim, poderia contribuir para a redução do consumo energético nas edificações.

Mesmo o emprego desse sistema estar em crescimento no país, ainda existem poucas referências e estudos a respeito de fachada ventilada. Devido a isso, verifica-se a importância de uma pesquisa sobre os principais aspectos desse tipo de fachada, mediante estudo das características de cada componente.

1.2. Objetivo geral

Fazer um levantamento sobre o sistema de fachadas ventilada, com foco em suas principais características, métodos executivos e aplicações.

1.3. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Realizar um estudo sobre os materiais que podem ser utilizados em fachadas ventiladas, desde as estruturas de fixação até os revestimentos e acabamentos da fachada;
- Apresentar características e particularidades do método de execução desse sistema, demonstrando os passos a serem seguidos como também os equipamentos necessários para tal finalidade;
- Mostrar os principais problemas que podem ocorrer em fachadas ventiladas e suas principais manifestações patológicas;
- Fazer estudos de caso para mostrar aplicações e exemplificar o sistema estudado em obras e edificações na região da Grande Florianópolis;

1.4. Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em oito capítulos.

O capítulo 1 contempla a introdução do trabalho no qual se apresentam os objetivos, a justificativa e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 trata da revisão bibliográfica no qual são apresentadas as características gerais, funcionamento e normatização do sistema de fachada ventilada.

O capítulo 3 mostra os materiais utilizados em fachada ventilada, dando ênfase aos revestimentos externos, isolantes térmicos e elementos de fixação.

O capítulo 4 apresenta informações a respeito dos projetos e da execução de fachada ventilada contemplando

o recebimento do material em obra, equipamentos utilizados, métodos executivos, fechamentos, acabamentos e segurança.

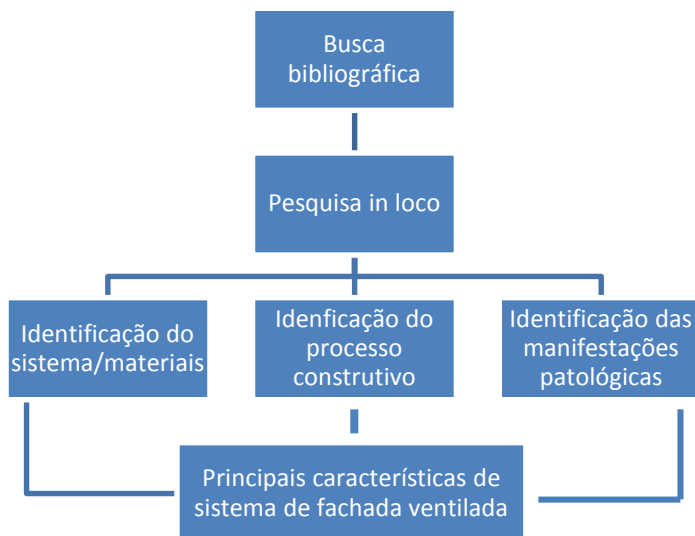
O capítulo 5 trata das manifestações patológicas que podem ocorrer no sistema de fachada ventilada.

O capítulo 6 mostra três estudos de casos de execução na região da Grande Florianópolis envolvendo um edifício comercial, um residencial e também uma unidade comercial.

O capítulo 7 apresenta as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

No capítulo 8 estão as referências bibliográficas utilizadas para elaboração dessa monografia.

1.5. Delimitação do trabalho



2. FACHADA VENTILADA

Este capítulo é dedicado à descrição das características da fachada ventilada. A partir dessa análise, serão também realizadas explanações a respeito dos sistemas e sua composição, do funcionamento, vantagens e desvantagens desse tipo de fachada, além da normatização desse sistema.

2.1. Caracterização da fachada ventilada

Antes de iniciar o presente estudo, é imperioso compreender o significado do termo fachada ventilada. Assim, traz-se a elucidação acerca do assunto dada por Kiss (1999) em que afirma que a fachada ventilada foi descrita pela primeira vez em 1968 nas “Directives Communes pour l’Agrément des Façades Légères” do CSTB (Centre Scientifique et Technique Du Batiment), segundo esta norma francesa, a fachada é classificada como ventilada quando há comunicação com o exterior por meio de orifícios que possibilitam uma ventilação de forma permanente de baixo para cima.

Kiss (1999) menciona também que, nos dias atuais o conceito mais utilizado é oriundo da Itália e foi difundido em 1990. Segundo a norma italiana, fachada ventilada diz respeito a um sistema de revestimento externo em que há a existência de uma camada isolante sobre a parede de vedação e uma camada externa de revestimento, estanque à água, sendo composta por painéis modulares, fixada à construção através de uma estrutura metálica. A norma prevê, ainda, que o sistema deve dispor de um espaço vazio que permita através do efeito chaminé uma ventilação contínua no sentido vertical.

Com o intuito de elucidar ainda mais a respeito do significado de fachada ventilada, traz-se à tona o exposto por Siqueira Junior (2003) em que utiliza o termo fachada ventilada para designar um sistema composto por placas ou painéis fixados externamente ao edifício por uma

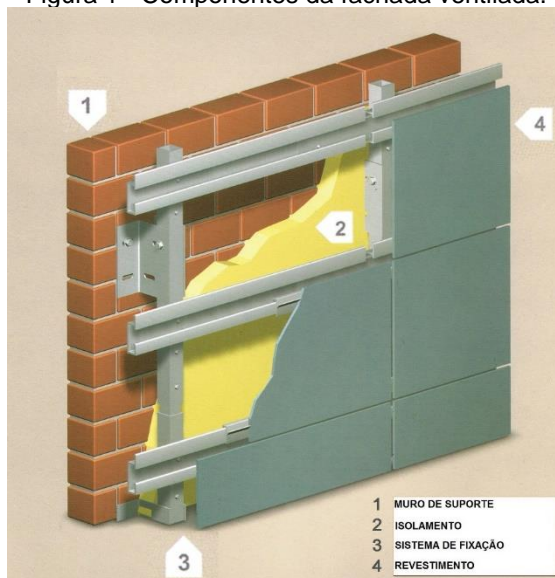
subestrutura auxiliar constituindo-se no revestimento externo ou na vedação vertical exterior.

Dessa forma, após compreender o significado de fachada ventilada, é necessário realizar uma análise sobre o sistema e as partes desse tipo de fachada.

2.2. Sistema da fachada ventilada

O sistema de fachada ventilada, segundo Dutra (2010), é formado basicamente por uma base suporte de fixação, por uma camada de material isolante, pela câmara de ar, pela subestrutura auxiliar de fixação, pelo material de revestimento e pelas juntas entre as placas, além de outros materiais necessários para seu completo funcionamento. Pela figura 1 é possível observar seus componentes.

Figura 1 - Componentes da fachada ventilada.



Fonte:

<<http://engenhariacivil.files.wordpress.com/2008/01/fachada2.jpg>
> acesso em 24/08/2014.

2.2.1. Base suporte

Ao analisar a base suporte de fixação, verifica-se que esse é um elemento fixo da edificação composto geralmente pela sua estrutura e os elementos de vedação. Esses elementos de vedação devem suportar toda a carga imposta pelo sistema de fachada ventilada.

A base suporte deve também deve ser protegida para evitar a ocorrência de manifestações patológicas. Na maioria das vezes é utilizado uma camada de isolamento térmico, porém, ainda pode ser realizado uma pintura com aditivos hidrófugos ou ainda rebocar a fachada.

2.2.2. Camada de isolamento

O isolamento térmico, para Mendes (2009), tem como função principal atenuar a transferência de calor ao longo dos materiais sobre os quais são aplicados.

Os principais materiais empregados na construção civil como os blocos cerâmicos, de concreto e o concreto armado já dispõe de certa característica isolante, porém nem sempre suficiente para certos tipos de aplicações em que se necessite de elevado grau de atenuação (CATAI ET AL., 2006).

Sendo assim, é recomendado a utilização de uma camada isolante no sistema de fachada ventilada já que na câmara de ar há uma grande ascensão de ar quente o qual deve ser evitado a transferência de calor para a edificação.

2.2.3. Subestrutura auxiliar de fixação

Siqueira Júnior (2003) comenta sobre os sistemas de fixação onde os mesmos podem se classificar em visível ou oculta e também de acordo com os sistemas de fixação utilizados nos revestimentos ou segundo os dispositivos de ancoragem na fachada da edificação. Esse sistema tem por objetivo fixar o revestimento externo da fachada em sua

estrutura de base. No capítulo 3.3 será abordado melhor os tipos de fixação existentes.

2.2.4. Câmara de ar

Entre a base de suporte e as placas da fachada ventilada, encontra-se a câmara de ar. Segundo Campos (2011), através desse espaço, promove-se uma ventilação natural. A fachada ventilada tem uma vantagem principal no que diz respeito ao conforto térmico devido ao efeito chaminé. A autora ainda enfatiza algumas vantagens a respeito dessa câmara, as quais podem ser citadas:

- Permite remover o vapor de água proveniente do interior;

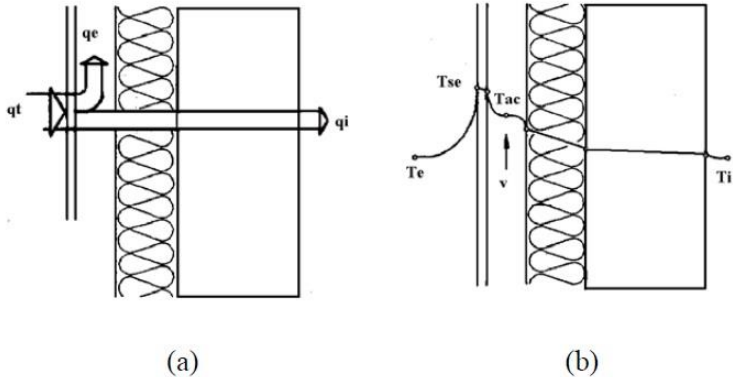
- O calor é removido através da circulação de ar na câmara (em torno de 20% de redução pelo efeito chaminé);

- A câmara é protegida pelo revestimento externo o qual mantém a edificação estanque, o que contribui para a conservação da camada isolante e da base suporte.

A câmara de ar deve possuir uma espessura mínima de dois centímetros, porém quanto maior for essa medida, melhor será o efeito chaminé.

Müller (2003) demonstra o funcionamento desse efeito nas duas estações mais críticas do ano, onde no verão, parte significativa do calor que é transmitido do revestimento externo para a câmara de ar é eliminada dessa câmara por meio do fluxo ascendente de ar aquecido conforme mostrado na figura 2.

Figura 2 - Fluxo de calor (a) e perfil de temperatura (b) em fachada ventilada, no verão.

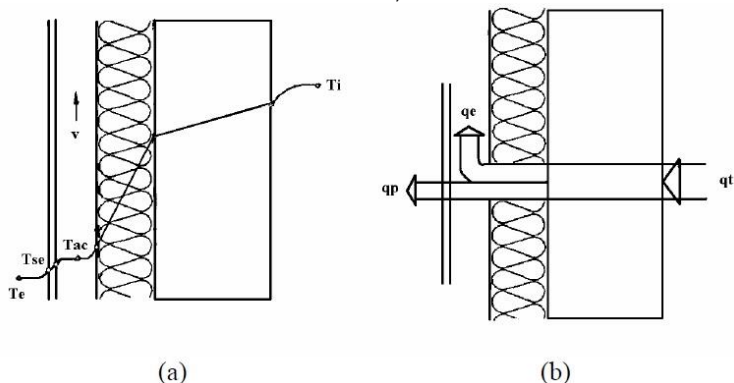


Fonte: Müller (2003).

Legenda: q_t : calor transferido do revestimento externo para a câmara de ar; q_e : calor removido por fluxo ascendente; q_i : calor transferido ao interior da edificação; T_e : temperatura externa; T_{se} : temperatura superficial externa; T_{ac} : temperatura do ar na câmara; T_i : temperatura interna; v : velocidade.

No inverno, Müller (2003) ainda menciona que normalmente empregam-se sistemas de aquecimento interno nas edificações, principalmente em países de clima frio. Quando utiliza-se o sistema de fachada ventilada nesses países, observa-se uma retenção do calor proveniente do aquecimento no interior dos recintos em virtude da utilização da camada isolante no exterior da parede. O esquema de funcionamento no inverno é apresentado na figura 3.

Figura 3 - Perfil de temperatura (a) e fluxo de calor (b) em fachada ventilada, no inverno.



Fonte: Müller (2003).

2.2.5. Revestimento externo

O revestimento externo funciona como uma barreira que protege o isolamento térmico das intempéries exteriores bem como do resto da estrutura interior, assegurando uma maior durabilidade do sistema. Os painéis de revestimento são fixos à estrutura de apoio através de encaixes metálicos que podem ser feitos pontualmente ou por uma estrutura (DIREITO, 2011). Esse revestimento externo pode ser composto de diversos tipos de materiais, os quais serão abordados mais detalhadamente no capítulo 3.1.

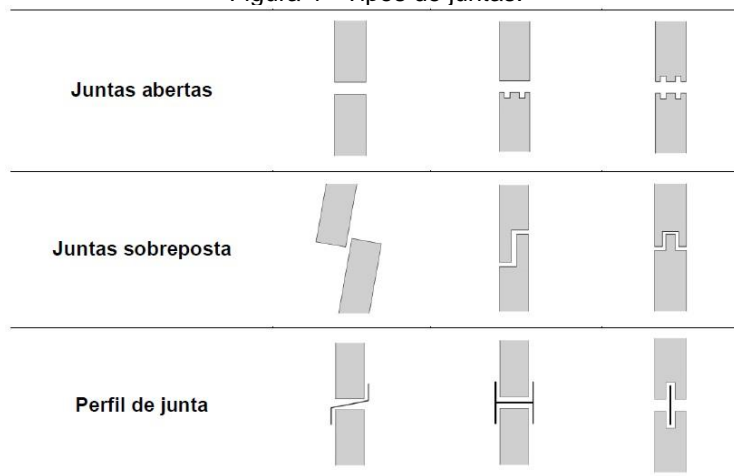
2.2.6. Juntas

A NBR 13755 (1996, p.3) traz a definição de junta como sendo o “Espaço regular entre duas peças de materiais idênticos ou distintos”.

Sousa (2010) cita que um dos elementos mais importantes para o funcionamento do sistema da fachada ventilada é a junta entre os elementos descontínuos. Pode-se ter três tipos de juntas: juntas abertas, juntas sobrepostas

ou a utilização de perfis de juntas e dentro de cada tipo existem várias soluções como mostrado na figura 4.

Figura 4 - Tipos de juntas.



Fonte: Sousa (2010).

Nessa classificação de juntas, Sousa (2010), não menciona o preenchimento com material selante, caracterizando como juntas fechada, pois apesar de utilizada em casos particulares, não deve ser adotada em sistemas de fachadas ventiladas devido ao seu funcionamento necessitar de aberturas para que permita a circulação de ar na câmara sem deixar a água entrar em contato com a camada isolante.

A partir de cálculos de dilatação do revestimento externo, é possível obter a espessura de junta ideal, levando em consideração também fatores ambientais como chuva e vento, os quais variam de local para local.

Para Siqueira Júnior (2003), estudos feitos relatam que quando se mantêm as juntas verticais e horizontais abertas, a porcentagem passante de água em uma chuva que entra no sistema é da ordem de 16,1%. Destes, apenas 0,4% atravessam a câmara de ar e 0,1% é absorvida pela

parede, o restante é escoado pelo tardo das placas ou pela câmara de ar. Contudo, o autor afirma que é necessário realizar estudos mais aprofundados em relação à estanqueidade com as algumas normas nacionais e internacionais.

2.3. Vantagens e desvantagens do uso de fachada ventilada

As fachadas ventiladas foram introduzidas no Brasil devido a uma série de fatores, principalmente as vantagens que as mesmas possuem se comparadas com fachadas tradicionais. As principais vantagens são citadas abaixo:

- Economia energética e melhora no conforto interior (menos absorção de calor nos meses quentes e menos dispersão nos meses frios);
- Proteção contra ruídos do ambiente exterior;
- Proteção frente à corrosão da estrutura;
- Especialmente indicado para reabilitação sobre a fachada existente sem necessidade de remover o revestimento antigo;
- Renovação estética do edifício (retrofit);
- Simplicidade na montagem e desmontagem;
- Mínimo custo de manutenção com possível substituição de placas sem desmontar o restante;
- Elevada resistência mecânica das placas;
- Possibilidade de combinar diferentes medidas de placa, cores e texturas;
- Solução para todos os encontros arquitetônicos (encontros com outros materiais, pele de vidro, arremates perimetrais de janelas, entre outros);
- Economia com andaimes e balancins, pela rapidez da execução dos sistemas de fachadas ventiladas;
- Maior longevidade da edificação;
- Auxilia na dispersão da umidade;
- Eliminação do risco de destacamento de revestimento;

- Diminuição dos efeitos de dilatação térmica da estrutura do edifício;
- Possibilidade de correção da planimetria do acabamento final da fachada;
- Esteticamente moderno valorizando o imóvel.

Entretanto, como na maioria dos sistemas existentes no mundo, nem todas as características são favoráveis para sua implementação. Sendo assim, abaixo são citadas as principais desvantagens do uso de fachada ventilada.

- Custo econômico elevado;
- Maior controle de execução;
- Dependendo do sistema de fixação utilizado, a substituição de peças pode ser trabalhosa;
- Sistema pouco utilizado no Brasil e por isso com pouca especialização nessa área;
- Ausência de normas brasileiras e de requisitos de desempenho que agreguem valor comercial ao produto;
- Necessidade de mão de obra qualificada e com experiência;
- Baixa segurança contra incêndio dependendo dos materiais utilizados;
- Exigência de projetos específicos e detalhados que definam o processo de execução.

2.4. Normatização de fachada ventilada

As normas técnicas são procedimentos de simplificação a fim de reduzirem a grande variedade de procedimentos e produtos do mercado. Com isso, elas buscam eliminar o desperdício, o retrabalho e facilitam a troca de informações entre fornecedor e consumidor ou entre clientes internos. Outra finalidade importante de uma norma técnica é a proteção ao consumidor, a qual especifica certos critérios e requisitos que aferem o desempenho do produto e/ou serviço, protegendo assim, a vida e a saúde.

A norma mais conhecida de fachada ventilada existente é a norma alemã DIN 18516. Ela é composta por três partes principais: a Parte 1 (2010), Parte 3 (2013) e Parte 5 (2013). A parte 1 dispõe considerações gerais em relação ao projeto, as cargas atuantes, variações volumétricas e a execução do sistema de fachada ventilada. Ademais, determina princípios gerais para realizar os ensaios relacionados à ancoragem e união entre os elementos do sistema de fachada ventilada. As exigências para o projeto e a execução de sistema de fachada ventilada com placas de pedra natural ou placas de concreto são designadas pelas parte 3 e parte 5, respectivamente, ambas de 2013. Tais exigências especificam-se principalmente à ancoragem dos dispositivos fixadores nas paredes externas e também à inserção das placas nestes dispositivos (DIN 18516 apud MÜLLER, 2003).

Outra norma europeia sobre o sistema de fachada ventilada é a norma italiana UNI 11018 (2003): Revestimentos e sistemas de ancoragem para fachadas ventiladas em montagem mecânica - Instruções para o projeto, execução e manutenção de pedra e revestimentos cerâmicos. Essa normativa indica os procedimentos de projeto, execução e manutenção dos sistemas de suporte dos revestimentos de fachada em montagem mecânica.

No Brasil, tem-se em vigor a norma NBR 15846 (2010) onde estabelece orientações para elaboração de projeto, execução e fiscalização de revestimento de fachadas com placas de rochas por meio de insertos metálicos, porém, em nenhum momento é citado o sistema de fachada ventilada.

Em um artigo da revista *Téchne* (2009), a reportagem comenta sobre a falta de normas brasileiras desse sistema, onde Jonas Medeiros acredita que isso possa ser solucionado, em parte, com a adequação das normas e ensaios para esquadrias, pois as exigências são semelhantes e também com as normas internacionais de projeto e desempenho. No Brasil, não há normas específicas para fachada ventilada e mesmo para a fixação

de cerâmicas e mármore com argamassa, as normas atuais são rudimentares. Os ensaios necessários para essas fachadas, tais como a estanqueidade à água, pressão de vento positiva e negativa, dimensionamento da estrutura e isolamento térmico e acústico, são fundamentais para validar a comercialização de qualquer sistema.

3. MATERIAIS UTILIZADOS EM FACHADA VENTILADA

Com o intuito de descrever os tipos de materiais utilizados em fachada ventilada, será mostrado nesse capítulo os que são utilizados em revestimentos externos, em camadas de isolamento e também em sistemas de fixação. Serão tratados em cada tópico, as características e principais funcionalidades de cada tipo de material.

3.1. Revestimento Externo

3.1.1. Cerâmica

Tradicionalmente, os revestimentos externos de fachada ventilada mais utilizados eram as pedras naturais. Porém, devido ao desenvolvimento tecnológico, foi possível fabricar peças cerâmicas de grandes dimensões e formatos, os quais apresentam muitas vantagens tanto técnicas como econômicas em relação aos revestimentos tradicionais de fachada.

Em resumo, segundo Mendes (2009), as vantagens mais significativas são:






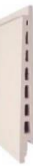
- Alta resistência ao arrancamento da fixação e ao choque;
- Superfícies pouco rugosas, oferecendo maior dinâmica ao vento;
- Leveza de todo o sistema.

Dutra (2010) comenta que a leveza do sistema permite a redução do peso da estrutura portante além de facilitar a instalação do mesmo. Além disso, deve-se sempre levar em conta o peso da estrutura em geral, que inclui desde o revestimento externo até acessórios auxiliares. Com isso, dispensa-se também a utilização de equipamentos especiais para o transporte vertical das placas.

Os sistemas de fixação mais empregados para este tipo de material são a ancoragem por grampos, linear, no tardo ou por sistemas de encaixe. A ancoragem no tardo

pode ser fixada por parafusos ou por uma solução mista de parafusos com reforço de cola. Estas fixações são tanto aplicáveis a ladrilhos como a lâminas cerâmicas (SOUSA, 2010). A figura 5 mostra exemplos das principais formas e fixações de revestimentos cerâmicos.

Figura 5 - Formas e fixações para revestimentos cerâmicos.

	Forma	Fixação	Forma	Fixação
Placa ou Lâmina		<ul style="list-style-type: none"> - Ancoragem por grampos - Ancoragem Linear 		<ul style="list-style-type: none"> - Ancoragem por grampos - Sistema de encaixe
Lâmina		<ul style="list-style-type: none"> - Fixação para lâminas fixas 		<ul style="list-style-type: none"> - Fixação para lâminas fixas - Fixação para lâminas móveis
Placas sobrepostas		<ul style="list-style-type: none"> - Ancoragem por grampos 		<ul style="list-style-type: none"> - Ancoragem por grampos

Fonte: Sousa (2010).

3.1.2. Grês porcelanato

Direito (2011) cita que nos anos 80, surgiu a produção em grande escala de placas em grês porcelanato tornando-se a grande concorrente das placas pétreas, as quais eram utilizadas em larga escala na execução das fachadas.

A NBR 15463 (2013) define porcelanato como sendo “placa cerâmica para revestimento com baixa porosidade e elevado desempenho técnico. Pode ser esmaltada ou não, polida ou natural, retificada ou não retificada.”

O grês porcelânico conta, segundo Mendes (2009), com uma elevada precisão dimensional (com espessura

desde 8 mm e dimensões até 1,2 x 1,2 metros), uma grande homogeneidade das peças, não apresenta expansões significativas devido à umidade, tem reduzidos coeficientes de dilatação térmica, grande resistência à abrasão, alta resistência ao ataque químico de álcalis e ácidos, à radiação solar e ao congelamento e facilidade de manutenção.

Mendes (2009) ainda acrescenta que o grês porcelanato tem apresentado as seguintes vantagens em relação às placas em pedra natural:

- Menor absorção de água;
- Menor peso;
- Material homogêneo;
- Menor probabilidade no aparecimento de manchas;
- Menor controle na recepção e na escolha dos materiais para a aplicação;
- Facilidade da manutenção;
- Maior durabilidade.

Para evitar a quebra do porcelanato devido a choques acidentais na fachada e por questões de segurança, Campos (2011) menciona que recomenda-se a inserção de uma tela no dorso das placas, através de materiais adesivos à base de poliuretano bicomponente. A figura 6 ilustra um exemplo protótipo de fachada ventilada com revestimento externo de grês porcelanato.

Figura 6 - Sistema de acoplamento oculto aplicado no tardo de uma placa de grês porcelanato.



Fonte: Cunha (2006).

3.1.3. Pedras naturais

Para Dutra (2010), os revestimentos externos de fachada ventilada em placas pétreas apresentam-se como uma solução versátil e revelam uma elevada característica de durabilidade e resistência. Oferecem diversas vantagens, tanto do ponto de vista estético e arquitetônico, como do ponto de vista da valorização do patrimônio.

Apesar da grande abundância de pedras existentes na natureza, Mendes (2009) informa que somente alguns tipos são passíveis de serem usadas nas construções em geral. A pedra a ser utilizada deve obedecer a requisitos mínimos de resistência mecânica, de dureza, de

trabalhabilidade, de porosidade, de durabilidade e de aparência.

Dutra (2010) também acrescenta que um dos principais problemas destes materiais é a dificuldade de prever com precisão, devido a pedra não ser um material homogêneo, o seu comportamento em relação às diferentes solicitações físicas a que estarão expostos na sua vida útil em obra. Portanto, é necessário que esses materiais do revestimento tenham sempre as suas características elencadas com detalhe. Será sempre necessário especificar a qualidade do material, definição petrológica, local de extração, característica em geral, densidade, absorção de água, porosidade, coeficiente de dilatação térmica e módulo de flexão e elasticidade.

Tabela 1 - Características das pedras.

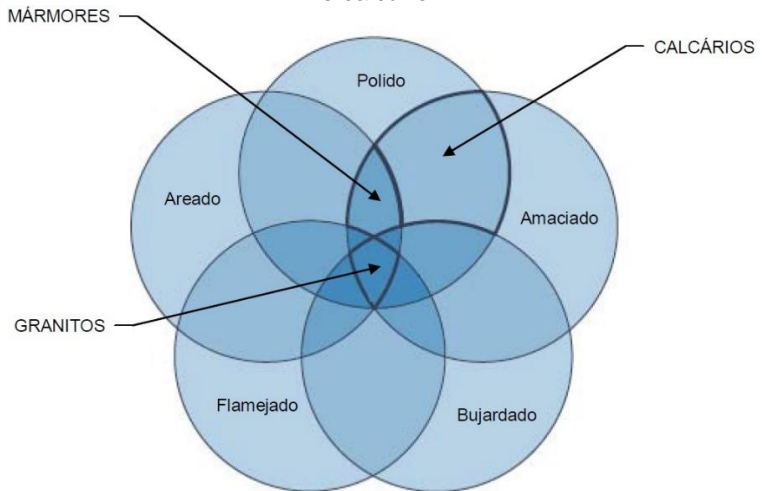
Tipos litológicos	Densidade aparente (kg/m ³)	Absorção de água à pressão atmosférica (% do peso)	Porosidade (% do volume)	Resistência a compressão (Mpa)
Granitos	2600 a 2800	0,2 a 0,5	0,4 a 1,5	115 a 240
Dioritos e Gabros	2800 a 3000	0,1 a 0,4	0,2 a 1,0	150 a 300
Basaltos	2900 a 3100	0,1 a 0,3	0,2 a 0,8	170 a 350
Mármore	2600 a 2900	0,2 a 0,8	0,3 a 1,8	60 a 180
Calcários	2200 a 2700	0,1 a 1,7	0,3 a 2,5	40 a 180
Arenitos	1900 a 2600	0,6 a 13,8	1,6 a 6,0	20 a 100
Xistos	2600 a 2800	0,4 a 1,5	1,2 a 3,5	30 a 65

Fonte: Adaptado de Pinto *et al* (2006).

Na indústria brasileira da construção civil, verifica-se a fixação dos revestimentos em pedras naturais quase que exclusivamente por ancoragens pontuais ou diretas encaixadas através de perfurações executadas nas bordas laterais das placas, as quais eliminam quase toda a subestrutura auxiliar de suporte, mantendo-se esta apenas onde não há a presença do elemento de vedação vertical externo. Tal condição diminui significativamente o custo global do sistema de revestimentos não aderidos, porém, aumenta muito a quantidade de fixações ancoradas diretamente ao elemento de vedação, contribuindo assim, para a possibilidade da ocorrência de colapso nas fixações, provocando a necessidade de um controle muito mais rigoroso quanto à resistência ao arranchamento dessas peças, além de provocar diminuição significativa da produtividade e facilitar a adoção de improvisações (SIQUEIRA JÚNIOR, 2003).

As pedras, em geral, podem receber diversos tratamentos para acabamentos estéticos e funcionais. Os mais utilizados são o flamejado, o polido, o areado, o amaciado, e o acabamento bujardado (rugoso). Estes tratamentos devem ser aplicados de acordo com a sensibilidade da pedra. Na figura 7, o diagrama ilustra os cinco tipos de acabamentos citados e a sua aplicabilidade a cada pedra.

Figura 7 - Principais tipos de acabamento em granito, mármore e calcário.



Fonte: Camposinhos (2009).

Observando a figura 7, conclui-se que apenas os granitos podem receber os cinco tipos de acabamentos referidos. Dos mármore, é difícil obter um resultado aceitável com acabamentos do tipo flamejado ou bujardado (rugoso). Aos calcários, em geral, apenas se aplica o acabamento amaciado e polido (SOUSA, 2010). A figura 8 mostra um exemplo de fachada ventilada com revestimento em pedra natural.

Figura 8 - Revestimento em pedra natural.



Fonte: Direito (2011).

As pedras naturais geralmente têm sistemas de fixações pontuais ou por cavilhas.

3.1.4. Placas fenólicas

Os materiais normalmente intitulados por painéis em resinas fenólicas termoendurecidas (ou H.P.L - High Pressure Laminates), segundo Mendes (2009), são constituídos por diversas camadas de fibras de celulose, impregnadas com resinas fenólicas e melamínicas e submetidas a tratamento com elevadas temperaturas e pressões que faz com que os componentes se fundam e, posteriormente, endureçam. Deste processo de fabricação,

resulta um produto homogêneo e com baixa porosidade, cuja composição é, basicamente, celulose (cerca de 60%) e resinas de fenol-formaldeído curadas (cerca de 40%).

Para Direito (2011), as espessuras dos painéis fenólicos podem variar entre 6 mm a 20 mm e são geralmente de amplas dimensões. Apesar da versatilidade de cores e padrões, a durabilidade deste tipo de superfície pode ser comprometida em casos de elevada exposição solar devido ao material de pigmentação ser muito sensível às radiações ultravioleta, alterando-se rapidamente.

De acordo com o Dossier técnico-económico (2006), estes painéis são constituídos essencialmente por três partes como mostra a figura 9, sendo elas as seguintes:

- Núcleo – composto por folhas de papel kraft impregnadas com resinas fenólicas para adotar características de estabilidade e rigidez;

- Folha decorativa – composta por uma folha de papel com a estampa ou cor almejada ou folha de madeira natural que é impregnada em resina melamínica, recebendo assim, elevada resistência à abrasão;

- Película protetora – película (overlay) impregnada em resina melamínica. Essa película é repelente à água garantindo a estanqueidade da peça.


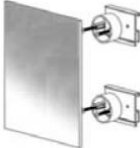

Figura 9 - Composição de painéis fenólicos.



Fonte: Direito (2011).

Existem diferentes formas de fixação desse material. Os mais utilizados podem ser verificados na figura 10.

Figura 10 - Formas de fixação de painéis fenólicos.

Fixação	
Fixação por parafusos ou rebites (à vista ou ocultos)	
Ancoragem no tardo	
Ancoragem por grampos	

Fonte: Sousa (2010).

3.1.5. Vidro

A fachada ventilada em vidro aparenta-se, no seu aspecto visual, a uma fachada cortina; a diferença reside no sistema construtivo. Esse sistema deve ainda prever a limpeza do vidro pelo lado interior, garantindo o seu acesso por meio de aberturas ou pela criação de uma galeria técnica no espaço da câmara de ar (SOUSA, 2010).

Figura 11 - Edifício com sistema de fachada ventilada em vidro.



Fonte: Dossier Técnico Económico (2006).


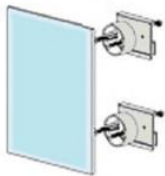
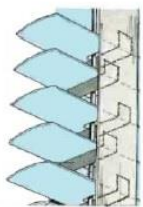
Direito (2011) comenta que há a possibilidade de incorporar uma cortina veneziana na câmara de ar e isso permite um melhor controle da luz e dos raios solares incidentes na fachada pelo ofuscamento desta, bem como a utilização de barreiras de anti-fumaça que, em caso de incêndio, limitam a propagação de fumaça aos pisos superiores.

Segundo Sousa (2010), as fachadas em vidro são muito utilizadas em retrofit de edifícios em casos que não necessite a manutenção da fachada original.

Sousa (2010) também descreve os tipos de vidro aplicáveis a fachada ventilada. Os principais deles são os vidros impressos, refletivos, temperados, laminados e aramados. A aplicação de vidros duplos não tem coerência pois não trazem vantagens térmicas ou acústicas, já que esse sistema de fachada possui elemento de câmara de ar.

Os vidros podem ser planos, ondulados ou em lâmina. Os elementos de fixação são os presentes na figura 12, sendo que a fixação para lâminas se aplica apenas a elementos em forma de lâmina, como o próprio nome indica.

Figura 12 - Elementos de fixação de revestimentos em vidro.

Fixação	
Caixilharia	
Ancoragem no tardo	
Fixação para lâminas fixas ou móveis	

Fonte: Sousa (2010).

3.1.6. Alumínio composto

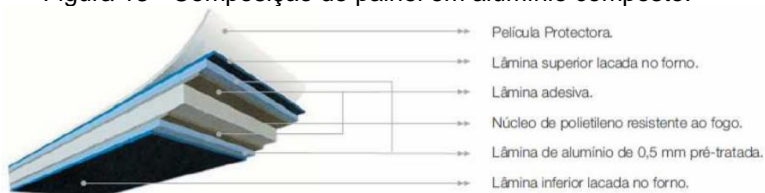
O metal é um material com características de grande maleabilidade e plasticidade, os quais também podem ser utilizados em fachadas ventiladas. Existem diversos tipos de

metais que podem ser utilizados nesse sistema, o principal deles e mais utilizado é o alumínio composto, mais conhecido como placas de ACM.

Mendes (2009) explica que as placas de alumínio composto (ACM – “Aluminium Composite Material”) resultam da junção de duas chapas de alumínio e um núcleo de polietileno conforme ilustra a figura 13, o qual garante maior rigidez. Os revestimentos em alumínio têm muitas características positivas, podendo-se destacar as mais importantes:

- Possibilidades de moldar as placas em formas curvas e arredondadas, devido à grande maleabilidade deste material, sem perder as suas qualidades;
- Elevada planeza;
- Resistência a condições ambientais extremas;
- Excelente resistência aos raios ultravioletas;
- Boa resistência aos sais e à poluição do ar;
- É um material muito leve, reduzindo as cargas sobre a estrutura de fixação, diminuindo também os custos de fabricação e instalação.

Figura 13 - Composição de painel em alumínio composto.



Fonte: Mendes (2009).

Os tipos de fixação para esse tipo de revestimento podem ser por parafusos, pregos ou rebites, moldura ou sistema de encaixe.

3.1.7. Painéis fotovoltaicos

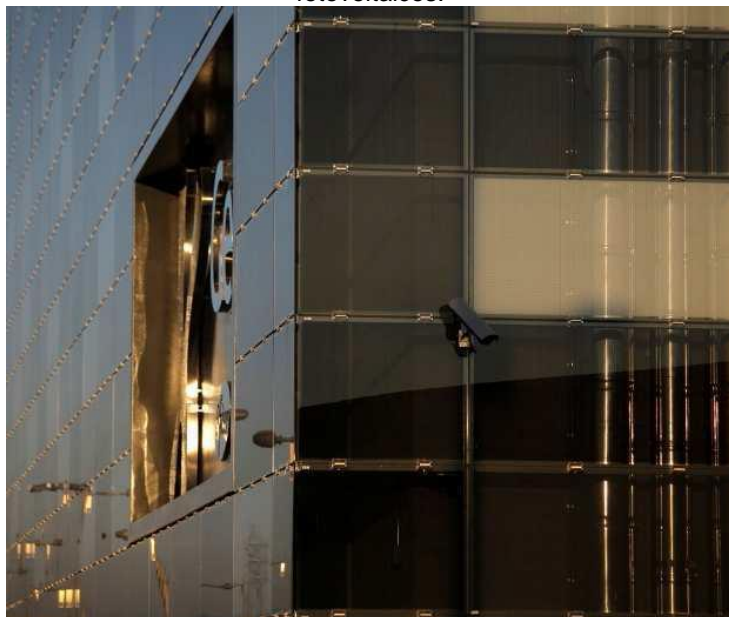
Mais recentemente, os construtores e empresários têm se preocupado cada vez mais com o meio ambiente e a necessidade de serem autossustentáveis. Como resposta, surgem os sistemas de fachadas com painéis fotovoltaicos com a finalidade de geração de energia.

Painéis solares fotovoltaicos são projetados e fabricados para serem utilizados em ambiente externo, sob sol, chuva e outros agentes climáticos, devendo operar satisfatoriamente nestas condições por períodos de 30 anos ou mais. Assim sendo, são apropriados à integração ao envoltório de edificações. Sistemas solares fotovoltaicos integrados ao envelope da construção podem ter a dupla função de gerar eletricidade e funcionar como elemento arquitetônico na cobertura de telhados, paredes, fachadas ou janelas. Para tanto a indústria fotovoltaica vem desenvolvendo uma série de produtos dirigidos à aplicação ao entorno construído, tendo recentemente lançado comercialmente módulos fotovoltaicos de aço inoxidável (sob a forma de um rolo flexível, revestido por resina plástica, com superfície posterior autocolante) e de vidro sem moldura, que podem ser instalados diretamente como material de revestimento de fachadas ou telhados, e até mesmo telhas de vidro onde os painéis fotovoltaicos estão diretamente integrados (RÜTHER, 2004, p. 11).

Sousa (2010) cita que um dos aspectos que se tem desenvolvido é a possibilidade destes painéis captarem não só a energia solar que incide diretamente, mas também a que incide indiretamente, melhorando o rendimento dos painéis, quando aplicados em fachada. No entanto, a sua colocação nas fachadas sul (hemisfério sul) não resulta em grandes benefícios, devido à reduzida exposição solar.

Do ponto de vista estético, Direito (2011) aponta que os painéis destacam-se pela sua arquitetura uniforme e vidros com diferentes formas que se adequam a diversos casos, valorizando a edificação como mostrado na figura 14.

Figura 14 - Fachada ventilada com revestimento em painéis fotovoltaicos.



Fonte: Direito (2011).

3.1.8. Naturocimento

O naturocimento surge como alternativa frente aos outros materiais e atende a muitos requisitos ambientais, pois exige um baixo consumo de recursos naturais. É constituído por cimento Portland, fibras de reforço em PVA (acetato polivinílico), fibras de celulose, sílica amorfa, aditivos e água. O naturocimento veio substituir o tradicional fibrocimento, sendo este novo material isento de amianto

que liberava poeiras prejudiciais à saúde e que é proibido em diversos países (SOUSA, 2010).

Em relação às características arquitetônicas dos edifícios, os painéis em naturocimento podem ser coloridos e apresentarem outras texturas, além da lisa. A figura 15 mostra exemplos desse tipo de revestimento (SOUSA, 2010).

Figura 15 - Exemplos de fachada ventilada com uso de naturocimento.



Fonte: Sousa (2010).

O naturocimento é um material muito versátil, sendo possível ser utilizado em painéis planos, curvos, perfilados e em forma de lâmina. Porém, as formas mais comuns de elementos desse tipo de revestimento são os painéis retangulares, onde as lâminas imitam a madeira. Já as soluções perfiladas, normalmente são usadas em coberturas e, também podem ser utilizadas em fachada (SOUSA, 2010).

3.1.9. Madeira

A aplicação de revestimentos externos de madeira em fachada ventilada divide-se em dois grupos: a madeira maciça e os derivados de madeira.

Para que a madeira obtenha propriedades que as permita resistir em casos de aplicação em ambientes externos, a mesma deve ser devidamente modificada de modo a manter-se inalterada mesmo em condições climáticas adversas sem necessitar de grande manutenção. No processo de modificação, a madeira é exposta a elevadas temperaturas para que a maior parte da umidade evapore e a torne mais resistente (DOSSIER TÉCNICO-ECONÓMICO, 2006).

A maior limitação de aplicação de revestimento de madeira maciça é a dimensão dos elementos restringidos pelo tamanho do tronco. Ela pode ser de dimensões reduzidas, como por exemplo as executadas em escamas ou outras formas geométricas, porém a solução mais tradicional é a madeira em ripas. A figura 16 ilustra os principais tipos de revestimentos em de fachadas executadas em madeira.

Figura 16 - Fachada ventilada de madeira maciça em ripas (esq.) e elementos de reduzida dimensão (dir.).



Fonte: Sousa (2010).

Os principais revestimentos em derivados de madeira aplicáveis em fachada ventilada, segundo Sousa (2010), são os contraplacados, painéis aglomerados, painéis de aparas de madeira (OSB), painéis de densidade média (MDF), placas de elevada densidade (HDF) e painéis de partículas de madeira aglutinadas com cimento. As soluções de revestimento e sua fixação estão presentes na tabela 2.

Tabela 2 - Dimensões e fixações para revestimentos em madeira ou derivados.

Composição	Dimensões	Fixação
Madeira modificada	Réguas Reduzidas dimensões	
Contraplacado Aglomerados OSB MDF HDF Viroc	Grandes dimensões	Fixação por parafuso, pregos ou rebites

Fonte: Sousa (2010).

3.2. Isolantes térmicos

3.2.1. Lã de rocha

Apresentando-se em configuração de placa ou manta, Direito (2011) aponta que a lã de rocha deriva de fibras minerais de minério vulcânico. A sua fabricação resume-se à produção de fibras, através do aquecimento das rochas, os quais são, posteriormente, comprimidas na densidade e espessura almejadas e aglomeradas com resinas orgânicas (geralmente resinas fenólicas repelentes à água). A tabela 3 indica as características da lã de rocha.

Tabela 3 - Características da lã de rocha.

Condutibilidade térmica	0.035/0.040 W/mk
Massa volúmica	15-200 kg/m ³
Limite máximo de temperatura em uso	100-200°C
Coefficiente de dilatação térmica	0/0.7 mm/m

Fonte: Dutra (2010).

Direito (2011) ainda acrescenta que, além da sua eficácia em isolamento térmico, esse material é ainda um excelente isolante acústico devido a sua estrutura fibrosa, possuindo elevados indicadores de absorção acústica.

Ademais, em virtude da sua estrutura não capilar, a lã de rocha é repelente à água bem do mesmo modo que incombustível, independentemente da sua densidade. Mesmo assim, esta solução pode apresentar graus de combustibilidade diferentes em consequência ao teor do ligante ou de outros aditivos orgânicos, bem como de eventuais revestimentos. Um exemplo de isolante térmico executado em fachada ventilada com lã de rocha pode ser observado na figura 17.

Figura 17 - Lã de rocha fixado à fachada.



Fonte: Do Autor.

3.2.2. Poliestireno expandido (EPS)

O poliestireno expandido (EPS) é um dos materiais mais utilizados para isolamento térmico. Dutra (2010) cita as principais vantagens do uso de EPS, entre elas estão: baixa condutibilidade térmica, leveza, fácil manuseamento e resistente ao envelhecimento. Suas características podem ser verificadas na tabela 4.

Tabela 4 - Características do poliestireno expandido.

Condutibilidade térmica	0.035/0.040 W/mK
Massa volúmica	25/45 kg/m ³
Limite máximo de temperature	85°C
Resistência máxima à compressão	0.2/0.7 N/mm ²

Fonte: Dutra (2010).

3.2.3. Poliestireno extrudido (XPS)

Direito (2011) traz em sua tese uma definição onde comenta que o poliestireno extrudido ou XPS é um isolamento térmico produzido em placas rígidas de espuma, com estrutura celular fechada por ser obtida por um método de extrusão contínuo o qual contém um gás expensor inflamável que lhe é adicionado no processo de fabricação.

Dutra (2010) cita que o XPS é um composto que expõe as seguintes características: excelentes desempenhos térmicos, insensibilidade à água, grande resistência à passagem de vapor, elevada resistência à compressão, facilidade de instalação, resistência ao manuseamento de obra e durabilidade. Na tabela 5 é apresentado as características desse tipo de isolante térmico.

Tabela 5 - Características do poliestireno extrudido.

Condutibilidade térmica	0.035/0.040 W/mK
Massa volúmica	25-45 kg/m ³
Limite máximo de temperatura em uso	90°C
Resistência à compressão	0.10/0.90
Coefficiente térmico de dilatação	5.0/8.0 mm/m

Fonte: Dutra (2010).

3.3. Componentes de fixação

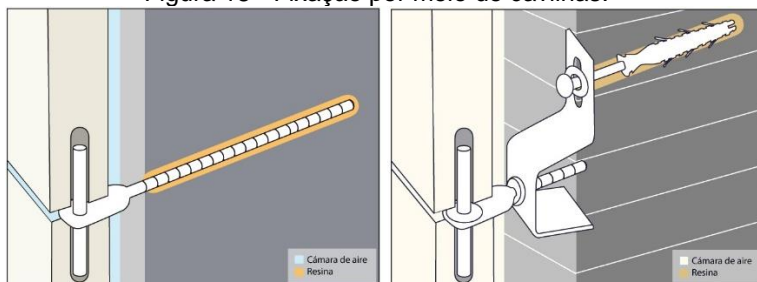
No mercado, existem diversos tipos de fixação para sistemas de fachadas ventiladas. Os mais importantes entre eles são as fixações pontuais ou por sistemas intermediários onde cada um deles ainda são divididos entre fixações ocultas ou visíveis. Essas fixações são escolhidas através de testes de arrancamento da base suporte e variam entre os materiais. Deste modo, neste item será realizada uma caracterização dos tipos de fixação normalmente aplicados em fachadas ventiladas.

3.3.1. Ancoragem por cavilhas

Uma cavilha é análoga a um prego sendo considerado uma fixação pontual, em que o suporte é dado pela resistência transversal ao corte. As ancoragens pontuais encontram-se diretamente fixadas à estrutura por meio de perfurações e utiliza-se resinas colantes para o engaste com a base suporte. Esse tipo de ancoragem não utiliza estruturas de suporte auxiliares, tornando o sistema em geral menos oneroso. No entanto, o aumento da quantidade de fixações ancoradas diretamente sobre o suporte condiciona a uma produtividade mais baixa (SOUSA, 2010).

Se as cavilhas forem aplicadas em juntas horizontais a sua função é resistir apenas aos esforços horizontais, mas se for aplicado nas juntas verticais, para além dos esforços horizontais, deve resistir ao peso próprio do revestimento. Este sistema é utilizado para revestimentos de fachada leves. A figura 18 mostra um exemplo de fixação de cavilhas aplicadas em juntas horizontais (SOUSA, 2010).

Figura 18 - Fixação por meio de cavilhas.

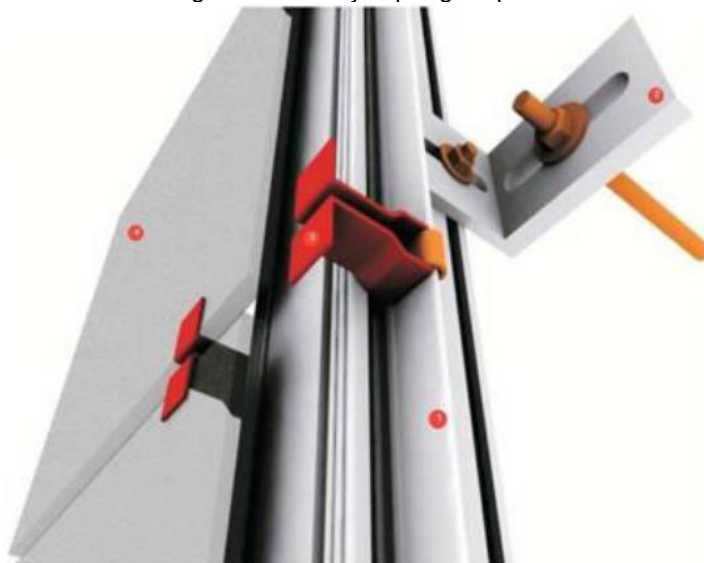


Fonte: <<http://bateig.com/colocacion/fachadas-ventiladas-anclaje-puntual/>> acesso em 30/09/2014.

3.3.2. Ancoragem por grampos

Sousa (2010) cita que um grampo é um elemento metálico que é fixado ao revestimento, suportando o peso próprio do componente de revestimento e fixando-o à fachada. Geralmente, esse tipo de ancoragem é tido como um sistema visível, podendo haver, em certas situações, cavidade que permitam a sua ocultação. Aplica-se tanto para revestimentos leves como pesados, porém neste último caso deve-se ter algumas precauções em relação à segurança e ao cálculo da resistência em projeto das fixações.

Figura 19 - Fixação por grampos.



Fonte: Dutra (2010).

3.3.3. Ancoragem linear por encaixe

O funcionamento da ancoragem linear é semelhante à ancoragem por grampos. Esse tipo de fixação é um sistema contínuo em todo o comprimento dos elementos de revestimento, suportando o peso próprio e fixando-o à fachada. Ele aplica-se principalmente a revestimentos pesados e de espessura suficiente para permitir a existência de um entalhe onde pode-se encaixar a ancoragem na peça. A ancoragem linear é caracterizada por ser uma fixação oculta (SOUSA, 2010).

Figura 20 - Exemplo de ancoragem linear.



Fonte: Do autor.

3.3.4. Fixação por parafusos ou rebites

Antes de descrever os sistemas, convém distinguir parafuso de rebite. Sousa (2010) faz a explicação da diferença entre os dois:

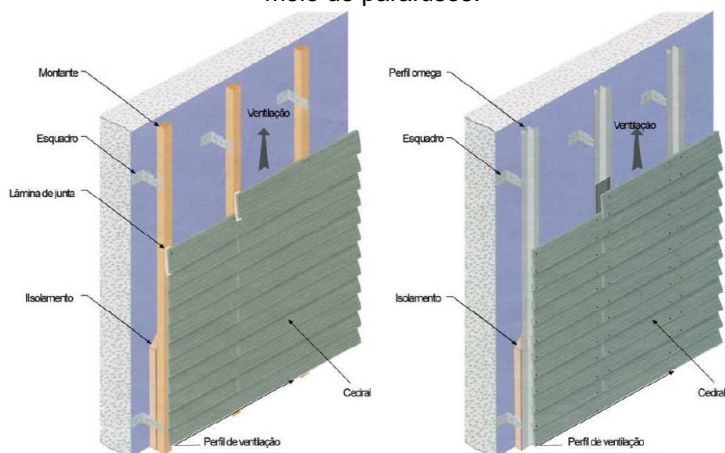
O parafuso é definido por um eixo com um sulco ou uma linha helicoidal na sua superfície, sendo fixado pela sua rotação num orifício. Um rebite consiste num cilindro com uma cabeça numa das extremidades, similar a um prego ou pino (SOUSA, 2010, p. 49).

Sousa (2010) comenta que a sua instalação é realizada num orifício pré-perfurado do revestimento, por

meio do achatamento da outra ponta, quando o corpo do rebite preenche o orifício, prendendo o mesmo à estrutura. O rebite necessita de ter acesso aos extremos do orifício, para o seu posicionamento e posterior achatamento.

A estrutura do sistema de fixação pode ser em madeira ou metálica. Caso seja em madeira, a fixação dos painéis é com parafusos e se for metálica, podem ser fixados em ambas as soluções (SOUSA, 2010).

Figura 21 - Fachada ventilada em ripas de madeira fixados por meio de parafusos.



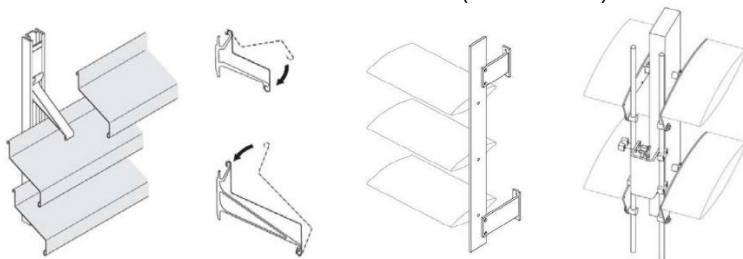
Fonte: Sousa (2010).

3.3.5. Fixação de lâminas fixas ou móveis

A fixação de lâminas tem origem nas soluções de proteção solar, muito semelhante a um brise funcionando da mesma forma que a fachada ventilada. Este sistema de fixação pode ser fixo ou móvel, conforme opção arquitetônica, permitindo abrir ou fechar, modificando as condições de luminosidade ou melhorando a estanqueidade. Se for um sistema fixo há a possibilidade de o sistema ser de encaixe. No entanto, se for móvel, os

mecanismos já devem vir montado para apenas serem instalados em obra (SOUSA, 2010).

Figura 22 - Lâminas simples fixadas por encaixe (esq.) e aerodinâmicas fixas e móveis (duas da dir.).



Fonte: Sousa (2010).

4. PROJETO E EXECUÇÃO DE FACHADA VENTILADA

O projeto tem uma importância fundamental no sucesso de qualquer atividade, principalmente no ramo da engenharia. Para tanto, deve haver um cuidado especial na elaboração do projeto e também na execução do mesmo.

Este capítulo tem como objetivo principal apresentar uma orientação para a execução dos projetos de fachada ventilada e também métodos de execução.

4.1. Projeto de fachada ventilada

Atualmente, ainda existem muitas empresas que não fazem projetos de sistema de fachada para seus empreendimentos. Porém, para a boa execução de uma fachada ventilada, é imprescindível a existência de um projeto completo de todo o sistema.

Segundo Dutra (2010), a elaboração de um projeto de fachada ventilada pode ser desmembrada em duas fases. A primeira refere-se ao estudo da viabilidade para a execução da fachada, à escolha dos materiais, análise dos custos do sistema em função das necessidades técnicas e estéticas, à definição de linhas gerais e detalhes construtivos da obra.

Cunha (2006) cita sobre a segunda fase de um projeto:

A segunda fase de um projeto de fachadas ventiladas refere-se ao projeto para a produção do sistema propriamente dito. Deve ter-se em conta a economia na construção, sem desperdícios, a construção em série, levando em conta a singularidade da construção de edifícios, já que nesta, ao contrário da construção em série, para cada produto elabora-se, quase sempre, projeto de produto diferente. Portanto, mesmo não se conseguindo construir edifícios numa linha de montagem em série, muitos dos procedimentos de produção devem permanecer os mesmos na execução de várias obras de uma

mesma empresa e com uma mesma tipologia de produto, só assim é possível obter maiores rendimentos, melhor organização e mais lucros. Assim, a necessidade de antecipação dos processos, levando o domínio desses para a engenharia, caracterizada por uma visão mais sistemática do processo de produção, aponta para a necessidade da utilização de duas ferramentas de projeto, designadas por projeto de execução e por projeto para a gestão de obra (CUNHA, 2006, p. 41).

Cunha (2006) cita que tanto projetistas como os executores de obra devem possuir todo o conhecimento das características do sistema para executar a edificação da maneira mais adequada. Devem realizar compatibilizações dos componentes e atender aos requisitos pré-determinados sem necessidade de adaptações improvisadas visto que isso acarreta em maiores custos no final da obra.

Os padrões construtivos devem ser controlados e os seus desvios devem respeitar as tolerâncias estabelecidas pelos fornecedores do sistema. Estas especificações preliminares não são definitivas, mas servem de parâmetros para a boa execução e desempenho do sistema. Para isso existem alguns requisitos de desempenho que estão elencados na tabela 6.

Tabela 6 - Requisitos de desempenho.

REQUISITOS DE DESEMPENHO NA FASE DE USO	
SEGURANÇA	<p>1. Segurança estrutural</p> <ul style="list-style-type: none"> Resistência mecânica a cargas estáticas, dinâmicas e cíclicas decorrentes do uso normal ou abuso no uso (ação imediata e fadiga provocada pelo vento, impactos, riscamento, cargas verticais e alterações climáticas); Eficiência das ancoragens que ligam a subestrutura auxiliar à estrutura do edifício; Eficiência do sistema de fixação das placas (que ligam as placas à subestrutura auxiliar); Capacidade de absorver deformações (verificadas através do correto projeto de fixação das placas).
	<p>2. Segurança ao fogo</p> <ul style="list-style-type: none"> Reação dos materiais ao fogo (combustibilidade e propagação de chama e liberação de gases e fumaça); Resistência do sistema ao fogo (integridade, estanqueidade e isolamento).
HABITABILIDADE	<p>3. Estanqueidade à água</p> <ul style="list-style-type: none"> Pouca absorção de água; Eficácia na drenagem de águas pluviais.
	<p>4. Conforto térmico e economia de energia</p> <ul style="list-style-type: none"> Estanqueidade ao ar; Isolamento térmico no inverno e no verão.
	<p>5. Estética</p> <ul style="list-style-type: none"> Planeza dos componentes e do conjunto; Condição superficial (cor, brilho, textura...); Uniformidade de colocação.
	<p>6. Conforto acústico</p> <ul style="list-style-type: none"> Isolamento e absorção sonora; Não ser fonte de ruídos por ações das movimentações térmicas ou da vibração ou impactos provocados pelos agentes atmosféricos;
	<p>7. Conforto tátil</p>
DURABILIDADE	<p>8. Adaptação ao uso</p> <ul style="list-style-type: none"> Integração das instalações; Facilidade de montagem e estocagem
	<p>9. Durabilidade (manutenção do desempenho durante a vida útil)</p> <ul style="list-style-type: none"> Conservação do aspecto (cor e brilho); Conservação das propriedades mecânicas (resistência ao impacto). Conservação das propriedades da subestrutura auxiliar.
	<p>10. Manutenção</p> <ul style="list-style-type: none"> Facilidade e frequência de limpeza e manutenção; Custo global.

Fonte: Siqueira Júnior (2003).

Os projetos de execução podem ser entendidos como a elaboração das estratégias gerais da produção, das normas de procedimento da execução, das metas de produtividade em cada etapa padrão e dos controles a serem verificados para cada tipo de processo construtivo utilizado pela empresa. O projeto para a gestão de obras é

voltado para a descrição das etapas e métodos de execução, de forma a ampliar a atuação na produção dessas etapas (CUNHA, 2006).

Nessa segunda fase de projeto, o projetista deve calcular todos os esforços solicitantes em todos os componentes da fachada ventilada, entre eles, os principais são os elementos de fixação, a base suporte e também o revestimento externo e detalhar no projeto alguns requisitos mínimos:

- Paginação da fachada com locação do revestimento externo;
- Quantitativo de materiais, especificando as dimensões e tipologias;
- Detalhamento das fixações existentes;
- Locação na fachada dos elementos de fixação;
- Detalhamento dos locais de encontro com outros tipos de elemento que não seja fachada ventilada (ex.: alvenaria, esquadria, ...);
- Outros detalhes que venham a auxiliar no processo de execução.

Quanto mais detalhes tiver o projeto, melhor é o entendimento do mesmo e conseqüentemente a possibilidade de sucesso é maior. No Anexo A estão apresentados alguns exemplos de projetos de paginação de fachada ventilada como também detalhamentos de componentes de fixação e compatibilização com outros elementos da fachada.

É importante definir no projeto as dimensões de cada elemento que compõe a fachada ventilada, incluindo a espessura da câmara de ar que tem uma importância fundamental na funcionalidade do sistema.

A partir das condições anteriormente definidas, é importante definir quais as principais exigências em cada um dos elementos do sistema de fachada ventilada. Deste modo, o quadro seguinte representa a atribuição dos requisitos anteriormente descritos pelos subsistemas.

Tabela 7 - Elementos constituintes do sistema de fachadas ventiladas e suas exigências.

	Suporte Base	Isolamento	Sistema de Fixação	Espaço de ar	Revestimento
Resistência Mecânica	☑	-	☑	-	☑
Segurança contra incêndio	☑	☑	☑	-	☑
Segurança na utilização	-	-	☑	-	☑
Estanquidade à água e ao ar	-	-	-	-	☑
Saúde, Higiene e Ambiente	-	-	-	-	☑
Conforto térmico	-	☑	-	☑	-
Conforto acústico	-	☑	-	☑	-
Durabilidade	-	-	☑	-	☑
Conforto visual	-	-	☑	-	☑

Legenda: ☑ Mais relevante - Menos relevante

Fonte: Oliveira (2011).

4.2. Canteiro de obras e recebimento de material

No projeto do layout de canteiro deve ser previsto uma área destinada ao sistema de fachada ventilada contemplando área de armazenamento, processos de montagem, forma de como será realizado o transporte dos materiais, visando promover a movimentação com o menor número de obstáculos possíveis, minimizando as distâncias de transporte e eliminando possíveis riscos de acidentes e quebras de material.

Cunha (2006) e Siqueira Júnior (2003) citam que devem ser levados em consideração alguns fatores de organização do canteiro para execução da fachada e são divididos em duas partes:

a) Zona de preparação da estrutura auxiliar de fixação e acessórios:

- Devem estar em local coberto para viabilizar trabalho mesmo com tempo chuvoso;
- Eliminar as possíveis interferências com outros fluxos de materiais;
- Deve ter uma área de no mínimo 20 m².

b) Zona de armazenagem das placas de revestimento:

- O mais próximo possível do equipamento de transporte vertical;
- Local fechado e próximo ao acesso de materiais;
- Isolar e proteger o revestimento do contato com o piso utilizando pallets de madeira.

O canteiro ainda deve ser disponibilizado:

- Plataforma de recepção de materiais para qualquer pavimento, em número e espaço apropriados para o local e desempenho dos trabalhos;
- Fios e níveis para a marcação dos prumos e alinhamentos longitudinais e transversais;
- Pontos de eletricidade e água para qualquer área e nível;
- Instalações sanitárias dimensionadas corretamente e kit de primeiros socorros;
- Proteção contra danos físicos nas placas de revestimento externo;
- Remoção de entulho e outros materiais para as áreas de reciclagem;
- Demais acessórios para trabalhos correntes da área;
- Escoras para suporte temporário;
- Cimento e areia em quantidade suficiente para a execução de reparos e chumbamento de fixadores;
- Fornecimento de tinta para a marcação de pontos significativos;
- Linhas e níveis para execução de fios de prumo e alinhamentos transversais.

Para o recebimento do material em obra, a empresa deve fazer uma análise geral de diversas características. Entre elas estão:

- Verificar a cor e aspectos visuais do revestimento externo;
- Conferir as dimensões de todos os componentes da fachada;
- Averiguar possíveis quebras nas placas e nos elementos de fixação;

- Observar se não há oxidações nos elementos metálicos;
- Quantificar o material.

4.3. Equipamentos utilizados na execução

Para a execução do sistema de fachada ventilada são necessários diversos equipamentos. Entre os principais estão os equipamentos de transporte vertical de materiais como guias, guinchos e elevadores, os de execução como balancins e os andaimes e os equipamentos de corte.

O equipamento mais comum e conhecido para a execução do sistema de fachada ventilada é o balancim, que é um item importante para o aumento da produtividade. Para Siqueira Júnior (2003), os balancins devem ser dotados de espuma de poliuretano frontal ou outro tipo de proteção para evitar avarias ao revestimento externo já executado. Esta escolha dá-se em função do cronograma estabelecido pela obra e das características do empreendimento tais como: altura, conformação perimetral, equipamentos de transporte vertical disponíveis, localização da edificação, entre outras. A figura 23 ilustra um balancim elétrico.

Figura 23 - Balancim elétrico.



Fonte: <<http://www.iw8.com.br/imagens/noticias/original/grupo-iw8-06062012101036.jpg>>, acesso em 28/10/2014.

Para pequenas obras, é comum o uso de andaimes fachadeiros para a execução de fachada ventilada. Eles podem ser usados para grandes obras, mas devido ao seu sistema de instalação, o mesmo é mais apropriado para trabalhos em pequenas alturas e também em recuperação de edificações.

Segundo Siqueira Júnior (2003), algumas normas recomendam que para possibilitar espaço adequado para a montagem do revestimento, o distanciamento entre plataformas de andaimes consecutivos deve ser da ordem de dois metros e que os travamentos diagonais dos andaimes não impeçam o deslocamento longitudinal das placas sobre a plataforma de trabalho. A figura 24 mostra um exemplo de andaimes fachadeiros.

Figura 24 - Andaime fachadeiro.



Fonte: <http://www.aecweb.com.br/tematico/img_figuras/img-1-50833572.jpg>, acesso em 28/10/2014.

Os equipamentos de transporte vertical e horizontal são de suma importância para a agilidade de execução de uma obra. Segundo Cunha (2006), deve ser fornecido um acesso seguro e adequado para a área de trabalho e no entorno desta, sendo todos os equipamentos dessa e de outras categorias devidamente homologados, certificados e testados, para assegurar a conformidade com as normas vigentes de segurança.

A grua é um equipamento muito utilizado no transporte vertical das obras e é utilizado para a elevação e a movimentação de cargas e materiais pesados. Em fachadas ventiladas, esse equipamento pode ser utilizado para o transporte dos revestimentos e estruturas de fixação ao longo dos pavimentos. Na figura 25 é mostrado um exemplo desse equipamento.

Figura 25 - Grua.



Fonte: <<http://www.tessaro.ind.br/wp-content/uploads/2011/11/Grua01Alta.jpg>>, acesso em 28/10/2014.

Siqueira Júnior (2003) cita que em obras onde não há disponibilidade de guas, deve-se fornecer um elevador ou um guincho com capacidade suficiente para elevar uma grande carga de placas e também empilhadeiras para o carregamento e a disposição dos pallets próximos aos andaimes, balancins ou equipamentos de elevação.

Segundo Cunha (2006), outro equipamento de extrema importância em locais onde será instalado fachada ventilada é a mesa de corte. Essa, como o próprio nome indica, é uma mesa dotada com um disco de corte radial, onde são realizados os cortes das placas de revestimento externo de acordo com o projeto da fachada. Este equipamento deve estar situado numa base nivelada, em local coberto e o mais próximo possível da zona de montagem. Isso significa que ela deve acompanhar sempre a montagem da fachada ao longo dos pavimentos ou então

próximo ao transporte vertical. A figura 26 ilustra uma mesa de corte.

Figura 26 - Mesa de corte.



Fonte: Do autor.

4.4. Métodos executivos

4.4.1. Verificações iniciais

Cunha (2006) recomenda que, quando possível, a instalação da fachada ventilada não se inicie até que a estrutura do edifício esteja totalmente executada. Este procedimento permite a verificação do prumo do edifício e verificação de nível horizontal, procedendo-se às correções quando se avaliar necessário, garantindo assim, que o revestimento seja colocado de uma forma aceitável. Caso se opte por iniciar a instalação da fachada antes da conclusão da estrutura da edificação, a fachada poderá sofrer danos pela queda de concreto ou outros materiais e

pela deformação da estrutura que induz esforços na estrutura de fixação da fachada e a distorção da mesma.

4.4.2. Fixação das ancoragens

Identificados os pontos críticos do pano de fachada, Cunha (2006) cita que deve ser realizado testes nas ancoragens padrão para ver se as mesmas são suficientes para absorver as distorções de prumo e planimetria observadas na obra. Com o objetivo de se regularizar o prumo e alinhamento do revestimento, as cantoneiras devem conter com furos, que permitam a afinação em todos os sentidos. Observa-se que suas profundidades e alturas podem ser diferentes e dimensionadas em função da espessura do isolante, quando utilizado, e das características da base. A figura 27 ilustra cantoneiras instaladas.

Figura 27 - Cantoneiras metálicas do sistema de fixação.



Fonte: Do autor.

Segundo Siqueira Júnior (2003), para a instalação dos sistemas de fixação, os montantes devem ser posicionados com o auxílio de equipamentos laser, topográficos, níveis e/ou arames com prumo. Estes devem ser dispostos nos eixos previstos para a disposição dos montantes verticais. Com o auxílio de uma trena, um funcionário especializado mede a partir da coordenada estabelecida em projeto, a distância entre eixos dos montantes. Utilizando a régua de alumínio e um lápis de carpinteiro, risca-se os eixos verticais onde se posicionarão as ancoragens.

Em certos casos verifica-se a impossibilidade de afinação das cantoneiras devido a diversos fatores, principalmente em casos de desaprumo e falta de regularidade dos panos de fachada. Com isso, em diversas

situações pode ser corrigido com a utilização de “calços” conforme pode ser observado na figura 28.

Figura 28 - Utilização de "calços" na afinação do prumo dos perfis.



Fonte: Cunha (2006).

Os sistemas de fixações podem ser ancorados nos mais diversos tipos de base suporte, desde que tenham sido devidamente calculados os esforços em cada elemento.

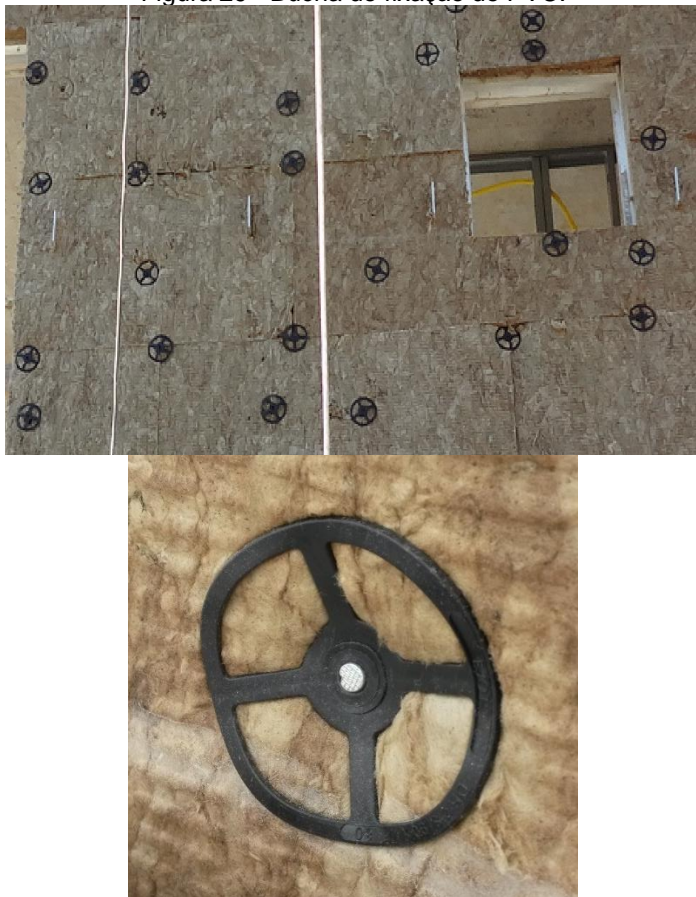
As ancoragens utilizadas na obra devem seguir rigorosamente o que consta em projeto quanto à sua locação e características e também devidamente identificadas.

4.4.3. Instalação do isolamento térmico

A instalação da camada de isolamento térmico é realizada após a fixação das ancoragens no substrato.

Geralmente é utilizado buchas de PVC conforme ilustra a figura 29.

Figura 29 - Bucha de fixação de PVC.



Fonte: Do autor.

A camada isolante é posicionada no local de instalação e em seguida, é realizado furos, com auxílio de furadeira, tanto na manta como no substrato de forma a

alinhá-los. Após realizado o orifício, as buchas são presas com pregos fixando o isolamento térmico à base suporte.

4.4.4. Fixação dos perfis

Para sistemas de fixação com estruturas intermediárias, é necessário a instalação de perfis metálicos para posterior encaixe das peças de revestimentos.

No caso da instalação de estrutura do sistema de fixação com acoplamento oculto, Siqueira Júnior (2003) explica que deve-se marcar sobre um dos montantes, o posicionamento da primeira guia, transferindo-se então, este ponto para a outra extremidade com a utilização de aparelhos a laser, níveis de bolha, entre outros. A guia é presa ao primeiro montante de forma fixa, de maneira a impedir seu deslocamento em qualquer direção. Os montantes seguintes são fixados com a implantação de rebites ou parafusos nos furos pré-existentes nas guias.

O perfeito alinhamento dos perfis é a grande chave do sistema já que um serviço bem realizado neste sentido resulta em uma fachada plana e bem acabada (MARAZZI, 1997 apud SIQUEIRA JÚNIOR, 2003).

4.4.5. Instalação do revestimento externo

O último passo para a execução do sistema de fachada ventilada é a fixação do revestimento externo na estrutura de fixação.

Para cada tipo de sistema de fixação, há um tipo de instalação para o revestimento externo. Geralmente a instalação é feita por encaixes nas estruturas metálicas. Quando as fixações são pontuais, as placas são presas por meio de parafusos ou através de encaixes no tardo das peças.

As juntas entre as placas devem ser alinhadas e uniformizadas pela utilização de espaçadores plásticos. Entre perfis e as placas, é frequente a utilização de selantes ou de uma guarnição têxtil com o intuito de impedir as

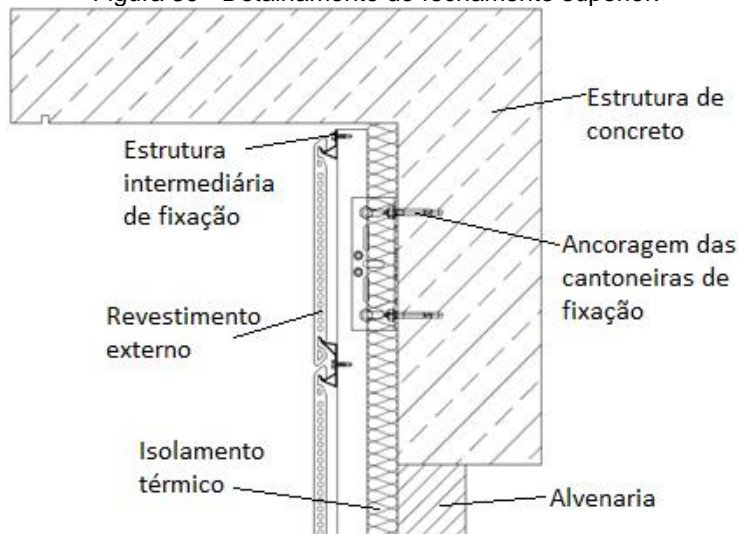
vibrações provocadas pelo vento, já que é admitida uma folga de até 2 mm entre o sistema de fixação e a parte superior da peça de revestimento externo (SIQUEIRA JÚNIOR, 2003).

4.5. Fechamentos, arremates e acabamentos

Os acabamentos da fachada ventilada são essenciais para garantir o bom funcionamento do sistema.

Os fechamentos superiores devem ser executados sem tampar por completo a abertura da saída de ar da câmara. Para isso, pode ser instalado perfis metálicos tipo rufos para proteção contra entrada de água da chuva ou executar abas tipo marquises na própria estrutura. A figura 30 ilustra um detalhamento para fechamento superior. Nota-se que deve ser deixado um espaço entre a última peça e a marquise para a ventilação da câmara de ar.

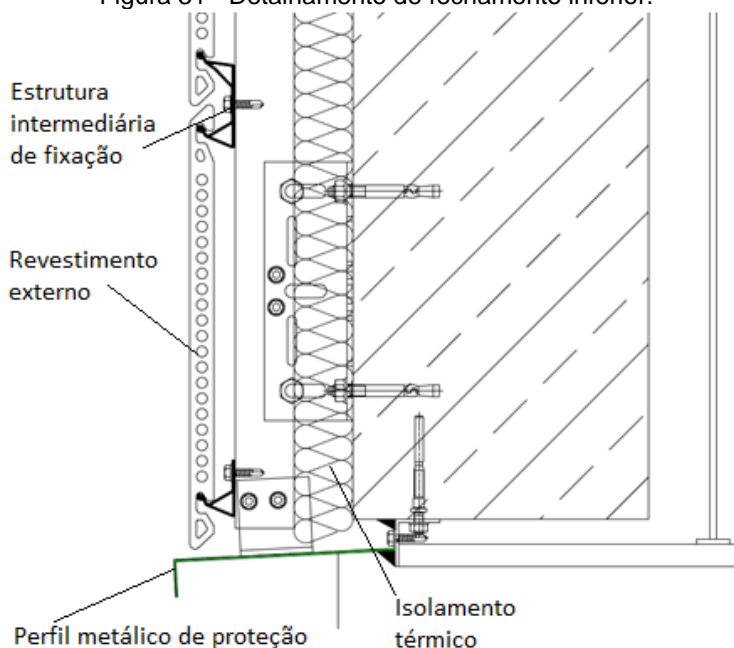
Figura 30 - Detalhamento do fechamento superior.



Fonte: Projeto de Fábio Izidoro Lunardelli.

Os fechamentos inferiores, em casos onde a fachada não é instalada até o piso, podem ser providos também de perfis metálicos tipo rufos ou por grelhas perforadas, com a finalidade de permitir a entrada de ar na câmara. A figura 31 mostra um detalhamento do fechamento inferior. Nota-se, também, que deve ser deixado um espaço entre o revestimento externo e o rufo com a finalidade de permitir a entrada de ar na câmara.

Figura 31 - Detalhamento de fechamento inferior.



Fonte: Projeto de Fábio Izidoro Lunardelli.

As juntas também devem ser executadas obedecendo a espessura de projeto, pois a estanqueidade da edificação depende tanto das juntas verticais, como horizontais. Para uma correta execução de juntas, os sistemas de fixação também devem estar alinhados, em nível e no prumo.

Nos locais onde há a presença de esquadrias, conforme ilustra a figura 32, os arremates devem ser executados com o maior cuidado possível para não ocasionar manchas no revestimento. Para isso, deve-se deixar uma abertura para a passagem de ar e também prever um avanço do peitoril para escoamento da água.

Figura 32 - Acabamento entre esquadria e revestimento externo.



Fonte: Do autor.

4.6. Câmara de ar

A câmara de ar deve seguir rigorosamente as especificações de projeto. Caso a câmara de ar não seja executada com as medidas previstas, pode ocorrer má ventilação e conseqüentemente um acúmulo de umidade e calor ocasionando manifestações patológicas que serão tratadas no capítulo 5.

4.7. Segurança na instalação e manutenção

As obras de engenharia civil, em geral, oferecem algum tipo de risco à segurança dos funcionários. A fim de prevenir a ocorrência de acidentes, é abordado neste tópico alguns temas relacionados, como o uso de equipamento de proteção, normas e serviços de inspeção e manutenção.

Existem diversas normas regulamentadoras que especificam critérios de segurança em obra, entre elas as principais são a NR 18 e a NR 35. O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) traz observações a respeito das normas.

As Normas Regulamentadoras - NR, relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT (MTE, disponível em <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF0F7810232C/nr_01_at.pdf>, p. 1, acesso em 28/10/2014).

A NR 18 tem como assunto as condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. A norma cita alguns aspectos que podem ser relacionados à execução da fachada ventilada. Entre elas podem ser mencionadas:

- Medidas de proteção contra quedas de altura;
- Movimentação e transporte de materiais e pessoas;
- Andaimos e plataformas de trabalho;
- Alvenaria, revestimentos e acabamentos;
- Máquinas, equipamentos e ferramentas diversas;
- Equipamentos de proteção individual;
- Armazenagem e estocagem de materiais;
- Proteção contra incêndio;
- Outras disposições gerais.

A NR 35 trata sobre trabalho em altura. Como já estudado, a execução de fachada ventilada envolve esse tipo de serviço. Sendo assim, toda essa norma regulamentadora deve ser seguida a fim de garantir a segurança de todos os envolvidos.

Os equipamentos de proteção individual (EPI) e os de proteção coletiva (EPC) são indispensáveis na execução de fachada ventilada. Deve ser previsto para cada atividade quais equipamentos são necessários para desenvolver tais funções.

Todos os equipamentos presentes nas obras devem ser inspecionados por profissionais habilitados e também realizar manutenções regularmente.

5. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Toda obra está sujeita aos mais variados tipos de solicitações decorrentes de ações climáticas e acidentais. As fachadas, em especial, estão naturalmente em contato com ações ambientais que interferem diretamente na estética e funcionalidade da edificação.

Uma das principais vantagens das fachadas ventiladas consiste no fato delas serem muito menos propensas à ocorrência de manifestações patológicas do que as fachadas tradicionais de pintura ou revestimentos cerâmicos, porém, ainda assim são suscetíveis a isso.

Com o intuito de reportar as manifestações patológicas que o sistema de fachadas ventiladas está sujeito, apresenta-se neste capítulo uma síntese dos principais tipos de degradações existentes.

5.1. Variação de cor do revestimento

Segundo Oliveira (2011), a poluição atmosférica pode ser considerada como uma das principais causas da deterioração dos elementos de revestimento que compõem o sistema. Todos os poluentes após sua emissão, interagem de forma física ou química com a atmosfera, causando alterações nas fachadas que são objetos receptores dessa poluição.

Uma das consequências dessa interação química de poluição com o revestimento está na variação da cor do mesmo. A figura 33 mostra um exemplo claro dessa manifestação patológica.

Figura 33 - Variação de coloração em revestimento fenólico.



Fonte: Oliveira (2011).

Outra causa de alteração de coloração está na má qualidade do material e também nos métodos de fabricação, já que se não for utilizado os devidos procedimentos de impregnação de resinas, queimas ou outros processos dependendo do material, o revestimento não terá a durabilidade esperada.

5.2. Oxidação dos elementos de fixação

A corrosão, segundo Direito (2011), apresenta-se como uma das principais patologias em relação às fixações e pode desenvolver-se devido a certos agentes. Como exemplo podemos citar as reações catódicas ou contato com outros metais. Para prevenir esse tipo de fenômeno, pode-se utilizar materiais inoxidáveis, fixações galvanizadas ou então realizar uma pintura especial na superfície. A figura 34 ilustra um elemento de fixação oxidado.

Figura 34 - Oxidação do dispositivo de fixação.



Fonte: Dutra (2010).

Oliveira (2011) também cita outra ocorrência passível de ser verificada que é a existência de manchas metálicas provenientes da oxidação no revestimento externo. Estas resultam da deposição de produtos de corrosão de elementos metálicos que são transportados pela água e ficam impregnadas na superfície do revestimento.

5.3. Quebra ou fissuras de revestimento externo

Direito (2011) cita que o surgimento de fissuras está associado principalmente a choques de objetos no revestimento ou movimentos do suporte de fixação. O revestimento externo não pode ter nenhuma interação rígida

com o edifício a que está fixado. Esse revestimento deve ser adequadamente colocado, com juntas de dimensão apropriada, de modo a assegurar a livre deformação sem fissurar.

Segundo Dutra (2010), outro fator a ser considerado são as diferenças térmicas, sendo que essas podem ir até 20°C em parede clara e 30°C em parede escura diariamente. Portanto, esse é outro motivo para as juntas serem executadas na dimensão apropriada, promovendo a livre dilatação.

Outra causa dessas fissuras seria as quebras em zona de fixação. A figura 35 ilustra uma quebra na placa de revestimento devido à essa área ser uma zona de acúmulo de tensões. Portanto, na execução deve-se tomar o cuidado de não aplicar forças muito grandes nos sistemas de fixação.

Figura 35 - Quebra do revestimento externo.



Fonte: Direito (2011).

5.4. Desprendimento do revestimento

De acordo com estudos realizados com diversas empresas, as principais preocupações dos fabricantes e executores de fachadas ventiladas são os problemas de desprendimento e queda do revestimento. Estes devem-se em especial a má execução do sistema, qualidade inferior do material utilizado no revestimento de fachada ou então a sistemas de fixação mal concebidos (DUTRA, 2010).

A principal consequência desse tipo de acontecimento está no risco de atingir alguém, podendo ocorrer fatalidades. Sendo assim, a edificação deve passar regularmente por inspeções e manutenção anualmente, desde a execução

até o fim de sua vida útil. A figura 36 mostra um exemplo de ocorrência de queda do revestimento da fachada.

Figura 36 - Queda de revestimento da fachada ventilada.



Fonte: Direito (2011).

5.5. Proliferação de microrganismos

O desenvolvimento de microrganismos como algas, bactérias e fungos deve-se basicamente a agentes biológicos e climáticos, estando na sua base fatores como ph, temperatura, luz, umidade e condições nutritivas a esses seres vivos. De forma genérica esta ocorrência está associada a uma prolongada presença de umidade e pouca exposição solar, tradicionais de fachada sul aqui no Brasil (OLIVEIRA, 2011). A figura 37 mostra um exemplo claro de proliferação de microrganismos em fachada ventilada.

Figura 37 - Manchas de microrganismos em fachada ventilada com revestimento de pedra natural.



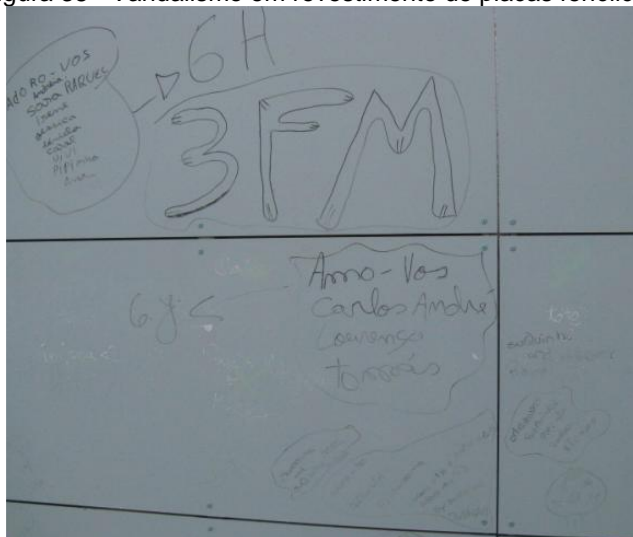
Fonte: Oliveira (2011).

5.6. Vandalismo

As práticas de vandalismo são frequentes nas mais variados classes sociais. Ela pode se apresentar de diversas formas, como uma simples mancha de fácil remoção, até quebras propositais e degradação do revestimento.

Apesar da elevada constatação deste tipo de ações, o desenvolvimento das práticas de manutenção e da tecnologia dos sistemas, tenderá a apresentar soluções anti-vandalismo. A figura 38 mostra exemplos desse tipo de prática.

Figura 38 - Vandalismo em revestimento de placas fenólicas.



Fonte: Dutra (2010).

5.7. Infiltrações na câmara de ar

As câmaras de ar são projetadas para manter apenas o fluxo ascendente de ar quente na edificação com o propósito de melhorar o conforto térmico dentro da edificação e também circular o ar, evitando assim, a condensação da água na base suporte.

A má execução das juntas, pode acarretar com que a água infiltre na caixa de ar originando uma notória perda ou diminuição da qualidade do isolamento térmico, principalmente naqueles que são isolantes não hidrofóbico.

Outro problema causado é na infiltração para dentro da edificação, já que a base suporte não tem uma proteção especial. Apenas a parte interna do edifício que geralmente é rebocada e protegida com pintura ou outro material de acabamento. Sendo assim, caso haja uma umidade excessiva, a água pode percolar pela parede gerando manifestações patológicas dentro da edificação.

5.8. Considerações sobre as manifestações patológicas

Como visto anteriormente, foram citados diferentes tipos de manifestações patológicas existentes em fachada ventilada causadas pelos mais diversos tipos de eventos. Na tabela 8 é possível verificar uma série de causas que ocasionam as patologias em praticamente todos os tipos de ambientes, seja ele no Brasil ou no mundo.

Tabela 8 - Causas das manifestações patológicas.

Causas de manifestações patológicas
Concepção e origem do material
Más condições de execução
Erosão e envelhecimento
Poluição
Raios UV
Chuva ácida
Umidade de condensação superficial exterior
Corrosão dos elementos metálicos
Fraca resistência mecânica
Calor
Movimentos diferenciais de origem térmica
Gelo
Eflorescências
Sulfatos; Nitratos; Cloretos; Carbonatos
Revestimento de elevada porosidade
Vandalismo
Baixa resistência da base suporte
Compatibilidade entre subsistemas
Sucção do vento

Fonte: Adaptado de Oliveira (2011).

Sendo assim, o controle de qualidade de execução deve fazer parte integrante da concepção da fachada. Infelizmente não há normas regulamentadoras no Brasil a respeito disso, porém, isso pode fazer parte do cotidiano das empresas pois é uma forma eficaz de garantir a conformidade da produção de acordo com os padrões estabelecidos em projeto.

Direito (2011) cita que as ações de controle devem definir quais as medidas a adotar no caso da presença de não conformidades e podem servir, igualmente, para averiguar a aplicabilidade do sistema. Uma construção de fachada ventilada com qualidade requer mão-de-obra qualificada e com experiência em obras de instalação similar como também o uso correto dos materiais e das técnicas utilizadas.

6. ESTUDO DE CASO

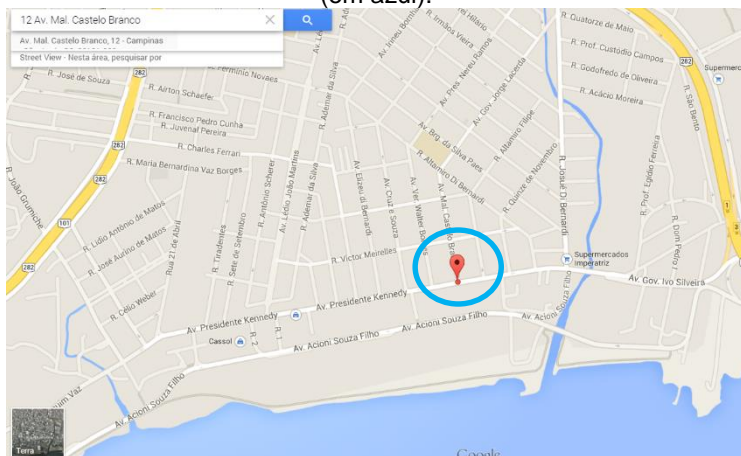
Com o objetivo de estudar como são executados na prática o sistema de fachada ventilada, é apresentado nesse capítulo três estudos de casos de execução distintos da região da Grande Florianópolis e um estudo de caso orçamentário entre fachada ventilada e fachadas tradicionais.

6.1. Estudos de caso de execução

6.1.1. Edifício comercial – Kennedy Towers

O edifício comercial Kennedy Towers fica localizado na avenida Presidente Kennedy, bairro Kobrasol – São José/SC, conforme mostrado na figura 39 e será composto por duas torres com fachadas compostas de sistema de fachada ventilada e glazing (fachada de vidro).

Figura 39 - Localização do empreendimento Kennedy Towers (em azul).



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor.

A fachada ventilada dessa edificação tem como características principais a utilização de ancoragem linear por encaixes e também de revestimento cerâmico extrudado.

A base suporte do empreendimento é composta por uma estrutura de concreto armado e também por alvenaria onde, na figura 40, é possível observar as cantoneiras metálicas fixadas na fachada junto com perfis de alumínio, o que caracteriza uma ancoragem linear (estrutura intermediária).

Para a verificação do prumo da edificação foi utilizado um prumo de concreto e arame recozido, sendo assim, teve-se um maior controle da execução da base suporte e, conseqüentemente, não foi necessária a utilização de nenhum calço no sistema de fixação, já que as tolerâncias exigidas foram atendidas (máximo de 2 cm).

Figura 40 - Sistema de fixação na base suporte.



Fonte: Do autor.

Após a fixação de todas as cantoneiras e perfis verticais, foi instalada a camada de isolamento térmico composta por lã de rocha presas por fixadores de PVC e pinos de aço, conforme ilustra a figura 41.

Figura 41 - Isolante térmico de lã de rocha.



Fonte: Do autor.

Conforme abordado anteriormente, a câmara de ar deve ser estanque e protegida promovendo também a livre circulação de ar no interior dela. Sendo assim, na parte superior da edificação foi executado uma pequena laje em balanço, semelhante à uma marquise, justamente para essa proteção contra a infiltração de água da chuva na câmara, conforme ilustrado na figura 42.

Figura 42 - Fechamento superior da fachada ventilada.



Fonte: Do autor.

Após realizada toda a instalação do isolamento térmico, executou-se a instalação dos perfis horizontais com a utilização de nível de bolha, finalizando a ancoragem linear para o encaixe do revestimento externo, conforme ilustrado na figura 43.

Figura 43 - Instalação dos perfis horizontais (ancoragem linear).



Fonte: Do autor.

Antes de ser realizado o encaixe das peças cerâmicas, foi utilizado, no tardo das peças, uma camada de poliuretano com a finalidade de prender melhor a placa na fixação e assim, em casos de ventos fortes, prevenir a ocorrência de vibrações que causam desconforto acústico ou outras manifestações patológicas mais graves. A figura 44 mostra a aplicação do produto.

Figura 44 - Colocação de uma camada de poliuretano no tardoz na peça.



Fonte: Do autor.

Na obra em questão, devido a grande altura da edificação, optou-se por executar a fachada utilizando balancins como mostra a figura 45. Também na mesma figura é possível observar a utilização dos equipamentos de proteção como o capacete e o cinto de segurança por parte do funcionário envolvido.

Figura 45 - Encaixe da peça cerâmica.



Fonte: Do autor.

Na figura 46 é possível observar todos os componentes da fachada ventilada. A legenda é mostrada abaixo:

- 1 – Base suporte
- 2- Isolante térmico
- 3 – Estrutura de fixação
- 4 – Câmara de ar
- 5 – Revestimento externo

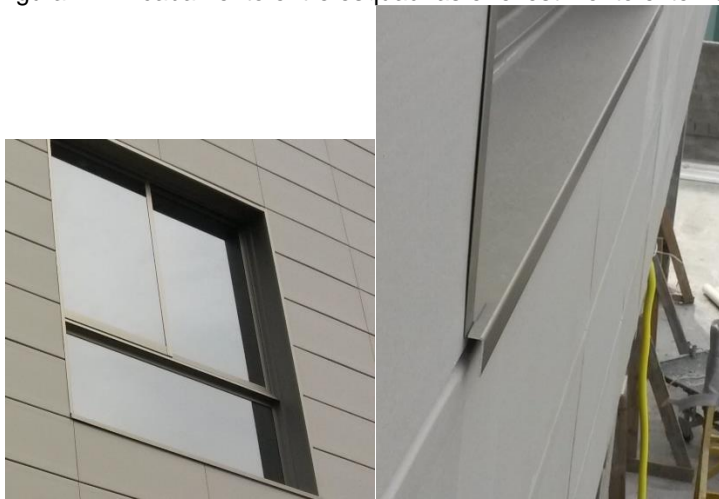
Figura 46 - Componentes da fachada ventilada.



Fonte: Do autor.

Na figura 47 é mostrada uma esquadria já instalada e é possível observar o acabamento executado. A mesma envolve todo o revestimento externo não deixando juntas para infiltração de água. Também é possível verificar a pingadeira, afastada da cerâmica, a fim de prevenir manchas no revestimento.

Figura 47 - Acabamento entre esquadrias e revestimento externo.



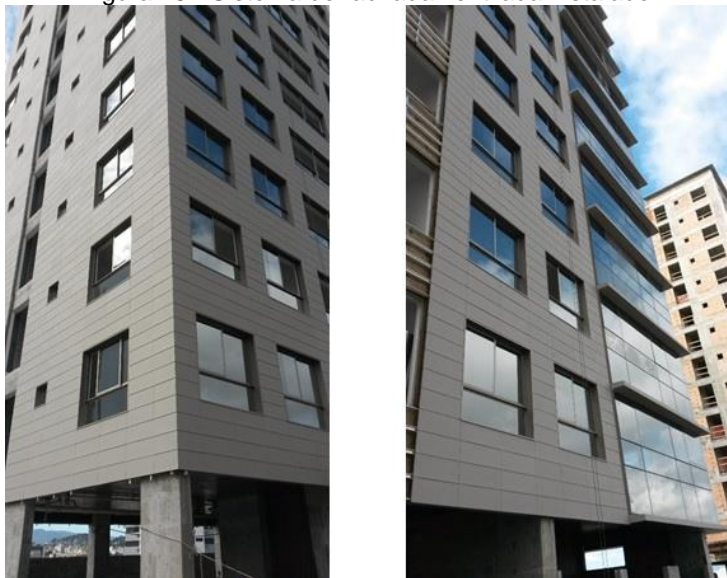
Fonte: Do autor.

A figura 48 demonstra o sistema quase completo, com praticamente todo o revestimento externo já instalado e compatibilizado com o glazing e seus brises.

Pode-se perceber que a execução foi feita de acordo com o projeto e a empresa seguiu rigorosamente as exigências imposta pelo sistema. Em uma entrevista com o engenheiro responsável, o mesmo comentou que a fase mais crítica foi a execução da estrutura e alvenaria pois elas deviam estar perfeitamente niveladas e apuradas. Com isso, o controle de execução da obra em geral foi muito rígido, resultando em uma elevada qualidade da edificação.

Também é importante ressaltar que as peças cerâmicas foram todas importadas da Espanha e, portanto, levou um certo tempo para chegarem ao local, de tal modo que foi necessário realizar o planejamento executivo da fachada desde o início do empreendimento para não ocorrer atrasos.

Figura 48 - Sistema de fachada ventilada instalado.



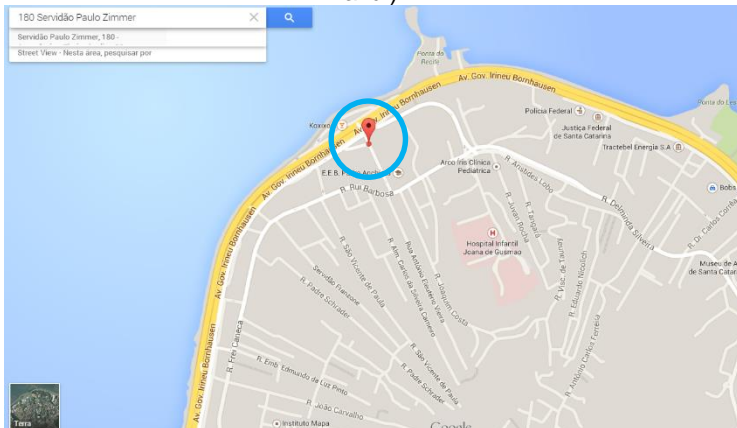
Fonte: Do autor.

6.1.2. Edifício residencial – Simphonia

O conjunto de edifícios residenciais Simphonia da construtora WOA fica localizado na avenida Beira Mar Norte, bairro Agrônômica – Florianópolis/SC, conforme mostrado na figura 49, e será composto por cinco torres com fachadas compostas de sistema de fachada ventilada, pintura e pastilhas cerâmicas.

A obra tem como características principais a utilização de ancoragem de fixação por parafusos e também revestimento de placas fenólicas com folhas decorativas de madeira.

Figura 49 - Localização do empreendimento Simphonia (em azul).



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor.

O local de armazenagem do material pode ser visualizado na figura 50. Os perfis de fixação estão protegidos nas embalagens e por serem de alumínio não necessitam de cuidados especiais, apenas não devem ficar em locais de trânsito intenso de materiais. Também pode ser verificado a estocagem do revestimento externo na forma correta. As placas estão em cima de pallets, com pilhas na quantidade recomendada (de dois a três conjuntos) e envoltas num plástico para proteção.

Figura 50 - Armazenagem dos materiais. Revestimento externo (esq.) e perfis metálicos (dir.).



Fonte: Do autor.

O equipamento utilizado na execução da fachada ventilada é um balancim do tipo elétrico, como pode ser verificado na figura 51. O equipamento passa por inspeções regularmente, conforme informou a empresa executora.

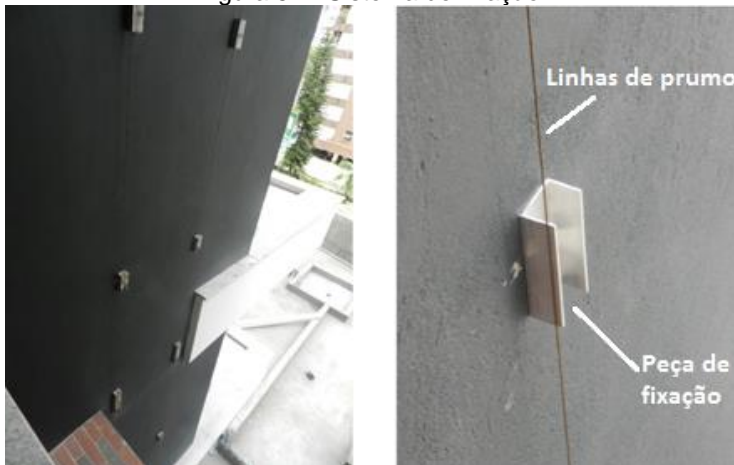
Figura 51 - Balancim elétrico visto de cima.



Fonte: Do autor.

Na figura 52 é possível verificar as peças de ancoragem fixadas na base suporte. Optou-se por pintar essa base com tinta acrílica preta pois do lado externo seria possível observar, através das juntas, a alvenaria e a estrutura devido às sacadas e algumas esquadrias ficarem muito próximas aos panos de fachada ventilada. Sendo assim, melhorou-se a estética e a proteção da base suporte.

Figura 52 - Sistema de fixação.



Fonte: Do autor.

Ao verificar o prumo, fixam-se os perfis verticais para posterior montagem do revestimento externo. Na figura 53 é possível observar esses perfis instalados.

Figura 53 - Instalação dos perfis metálicos.



Fonte: Do autor.

O fechamento superior é mostrado na figura 54. É possível observar que a câmara de ar será protegida por um avanço da laje do último pavimento que irá prevenir a ocorrência de manifestações patológicas por infiltração.

Figura 54 - Fechamento superior.



Fonte: Do autor.

A instalação da fachada ventilada na primeira torre foi concluída com sucesso e pode ser observada na figura 55. O tempo de execução da fachada na primeira torre foi de 2 meses e foi informado que o empreendimento seguiu os projetos propostos. As outras torres estão em fase de execução.

Figura 55 - Fachada ventilada instalada.

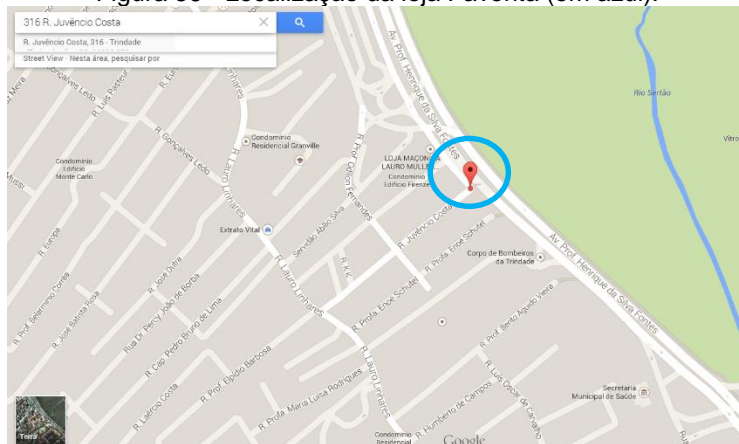


Fonte: Do autor.

6.1.3. Loja comercial – Favorita

A loja comercial Favorita é localizada na rua Juvêncio Costa, bairro Trindade – Florianópolis/SC, conforme mostrado sua localização na figura 56. É composta de sistema de fachada ventilada de placas fenólicas, junto com esquadrias de vidro de grande dimensão.

Figura 56 - Localização da loja Favorita (em azul).



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor.

Nessa unidade foi realizado um retrofit na fachada. Essa foi uma opção com o objetivo de reformar o local para fins comerciais. A comparação entre a fachada antiga e a atual pode ser visualizada na figura 57.

Figura 57 - Retrofit da fachada.



Fonte: Google Maps (superior) e do autor (inferior).

O sistema de fixação pode ser observado na figura 58 e ela é composta por barras de aço soldadas, caracterizando-se como uma fixação intermediária. Na

figura 59 é possível verificar a ancoragem das placas fenólicas por meio de parafusos.

Figura 58 - Sistema de fixação da fachada.



Fonte: Do autor.

Figura 59 - Fixação por parafusos.



Fonte: Do autor.

Na figura 60 pode-se observar um encontro entre fachadas o qual foi executado através de uma junta que tem 8mm de largura e seu detalhamento pode ser observado na figura 61.

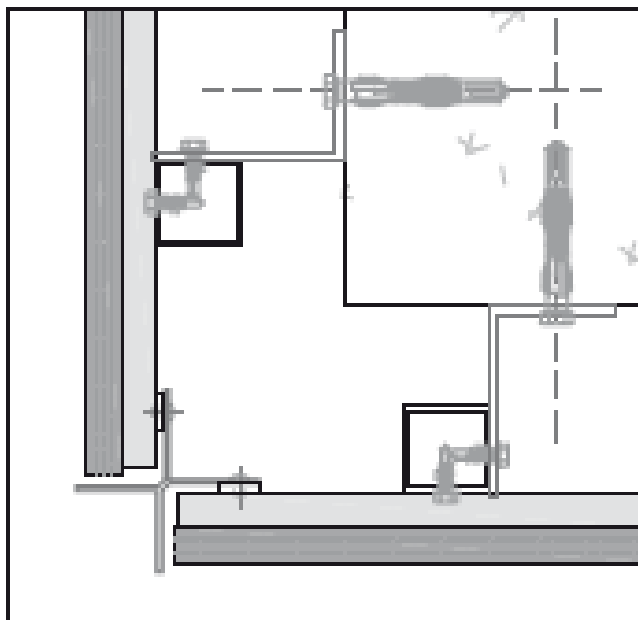
Algumas placas de revestimento têm furos de no máximo 1,5cm de diâmetro para efeitos estéticos. Esses detalhes não interferem na estanqueidade da fachada segundo relatos da proprietária do estabelecimento. Além disso, tem-se a proteção da esquadria no interior.

Figura 60 - Detalhe de encontro entre fachadas.



Fonte: Do autor.

Figura 61 - Detalhamento da junta de encontro de fachadas.



Fonte: Catálogo Faveton Renova.

No fechamento superior da fachada foi executado uma marquise para a proteção contra chuva deixando uma abertura para o efeito chaminé conforme ilustra a figura 62.

Figura 62 - Fechamento superior.



Fonte: Do autor.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a importância que as fachadas ventiladas atualmente assumem na solução dos diversos problemas construtivos dos edifícios, principalmente em relação aos efeitos térmicos e infiltrações, o presente trabalho propôs-se a apresentar uma análise geral de todo o sistema de fachada ventilada que vem ganhando espaço no Brasil.

Por esse tipo de fachada melhorar as características ambientais, alguns sistemas de certificação como o LEED retribuem pontos para quem usa o sistema de fachada ventilada. Segundo a empresa Keragail, uma parceria entre a Gail e a Agrob Buchtal (empresa alemã líder mundial em fachadas cerâmicas ventiladas), o uso de fachada ventilada contribui para a obtenção de até 18 pontos nessa certificação.

A execução de fachada ventilada é caracterizada por ser mais rápida que os métodos tradicionais devido à industrialização e modernização do sistema. Contudo, é necessária uma mão de obra qualificada para a execução desse tipo de fachada. Outro motivo para sua agilidade na execução é que em caso de chuvas a execução não precisa ser interrompida, pois ela não depende da secagem de nenhum tipo de material.

Os revestimentos externos de fachadas ventiladas, se executados corretamente, têm durabilidade superior aos revestimentos de pastilhas cerâmicas devido aos da fachada ventilada não necessitaram de rejuntas nem assentamento. Sendo assim, a absorção de água na fachada é muito menor e, conseqüentemente, as manifestações patológicas também. Logo, o empreendimento irá apresentar boas características estéticas por mais tempo que os outros tipos de fachada, agregando valor à edificação.

Infelizmente, ainda existem poucos estudos a respeito desse tipo de fachada e poucas normas que regulamentem o sistema, entretanto, com o tempo e a modernização das

construções, é inevitável a implantação das normativas e a busca por mais pesquisas.

Após realizar diversos estudos de caso, pode-se perceber que os empreendimentos estão se adaptando rapidamente a esse sistema de fachada. Um dos motivos que leva a esse sucesso, é a presença constante nas obras de uma empresa especializada no ramo.

Os materiais utilizados no sistema de fachada ventilada têm uma diversidade muito grande, principalmente nas de revestimento externo. Devido a isso, foi necessária a implantação de diferentes tipos de fixação para esses materiais.

Esse tema tem uma grande perspectiva de crescimento, pois é uma tendência mundial o emprego de sistemas industrializados na construção civil. Gradativamente, as fachadas ventiladas ganharão muito espaço no mercado pois proporcionam inúmeras vantagens em relação aos métodos tradicionais.

7.1. Sugestões para trabalhos futuros

Esse trabalho teve como objetivo principal o estudo das características fundamentais do sistema de fachada ventilada devido a esse ser um sistema ainda pouco utilizado no Brasil. Por ser um tema atual, ainda existem poucas bibliografias disponíveis e pouco estudo aprofundado sobre esse sistema.

Para trabalhos futuros recomenda-se uma análise de riscos entre os materiais utilizados em fachada ventilada levando em consideração fatores como segurança contra incêndio, fatores ambientais, entre outros.

Nesse trabalho foi feito uma comparação de preços entre sistemas tradicionais e fachada ventilada. Devido a diferença de BDI entre cada orçamento, pode-se realizar um estudo mais preciso levando em conta o custo de cada componente e também uma análise de outros custos

indiretos em relação ao tempo de execução de cada tipo de fachada para obter um resultado mais aceitável.

Também como sugestão pode-se realizar um trabalho envolvendo um projeto de fachada ventilada, detalhando cada passo que deve-se adotar, os cálculos que envolvem cada parte do sistema e os detalhamentos necessários para uma boa execução.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15846**: Rochas para revestimento – Projeto, execução e inspeção de revestimento de fachadas de edificações com placas fixadas por insertos metálicos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15463**: Placas cerâmicas para revestimento — Porcelanato. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 13755**: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

BETEIG – Piedra Natural. The singular stone. <<http://bateig.com/colocacion/fachadas-ventiladas-anclaje-puntual/>> acesso em 30/09/2014.

BOBADILLA, Eduardo M. F. – **Manual básico - Fachadas ventiladas y aplacados. Requisitos constructivos y estanquidade**. Artigo. Murcia, 2007.

CAMPOS, Karina F. **Desenvolvimento de sistema de fixação de fachada ventilada com porcelanato de fina espessura**. Dissertação. Florianópolis, 2011.

CAMPOSINHOS, Rui S. - **Revestimentos em pedra natural com fixação mecânica**. Tese. Lisboa, 2009.

CATAI, Rodrigo E. - **Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico**. Artigo. Foz do Iguaçu, 2006.

COMITÊ BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL - <<http://www.cobracon.org.br/ht/cob03.html>> Acesso em 16/09/2014.

CUNHA, Márcio M. F. – **Desenvolvimento de um sistema construtivo para fachadas ventiladas**. Dissertação de

mestrado – Faculdade de engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2006.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 15816**, Teil 1: Außenwandbekleidungen, hinterlüftet - Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze (Cladding for external walls, ventilated at rear - Part 1: Requirements, principles of testing). Berlin, 2010.

_____ **DIN 15816**, Teil 3: Außenwandbekleidungen, hinterlüftet - Teil 3: Naturwerkstein; Anforderungen, Bemessung (Cladding for external walls, ventilated at rear - Part 3: Natural stone; requirements, design). Berlin, 2013.

_____ **DIN 15816**, Teil 5: Außenwandbekleidungen, hinterlüftet - Teil 5: Betonwerkstein; Anforderungen, Bemessung (Cladding for external walls, ventilated at rear - Part 5: Manufactured stone; requirements, design). Berlin, 2013.

DIREITO, Joana F. - **Estudo da segurança contra incêndio em fachadas ventiladas**. Dissertação de mestrado - Faculdade de engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2011.

Dossier técnico-económico – **Fachada ventilada**. Artigo. Disponível em http://engenhariacivil.files.wordpress.com/2008/01/dossier_economico.pdf Acesso em 08/05/2014.

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 03/07/2014.

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.

KISS, Paulo – Pulmões Prediais. Artigo disponível em <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/pulmoes-prediais-85227-1.aspx>> Acesso em 13/08/2014.

MEDEIROS, Jonas S. – **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Tese de doutorado em engenharia – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

MENDES, Francisco M. V. P. **Durabilidade das fachadas ventiladas - Aplicação da norma ISO 15686-1**. Dissertação. Porto – Portugal, 2009. Disponível em <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60056/1/000141996.pdf>> Acesso em 03/07/2014.

MOURA, Eride - **Fachadas respirantes**. Artigo da Revista Técnica disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/144/artigo287636-2.aspx>> Acesso em 18/09/2014.

MÜLLER, Alexandre. **Desenvolvimento de um protótipo e análise do comportamento térmico de fachada ventilada com placas cerâmicas de grês porcelanato**. Dissertação. Florianópolis, 2003.

NR, Norma Regulamentadora - Ministério do Trabalho e Emprego. NR-18 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, 2009.

NR, Norma Regulamentadora - Ministério do Trabalho e Emprego. NR-35 – Trabalho em altura, 2009.

OLIVEIRA, Pedro F. S. C. - **Metodologia de manutenção de edifícios – Fachada ventilada.** Dissertação de mestrado - Faculdade de engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2011.

RÜTHER, R. - **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil.** Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

SINAPI – Índices da construção civil, disponível em <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/relatorio_insumos.asp>, acesso em 11/10/2014.

SIQUEIRA JÚNIOR, Amaury Antunes de – **Tecnologia de fachada-cortina com placas de grês porcelanato.** Dissertação de mestrado. São Paulo, 2003.

SOUSA, Fernando M. F. - **Fachadas ventiladas em edifícios – Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento.** Dissertação de mestrado - Faculdade de engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2010.

<<http://engenhariacivil.files.wordpress.com/2008/01/fachada2.jpg>> acesso em 24/08/2014.

<<http://bateig.com/colocacion/fachadas-ventiladas-anclaje-puntual/>> acesso em 30/09/2014.

<<http://www.hantei.com.br/?portfolio=centro-empresarial-ilha-do-atlantico>>, acesso em 11/10/2014.

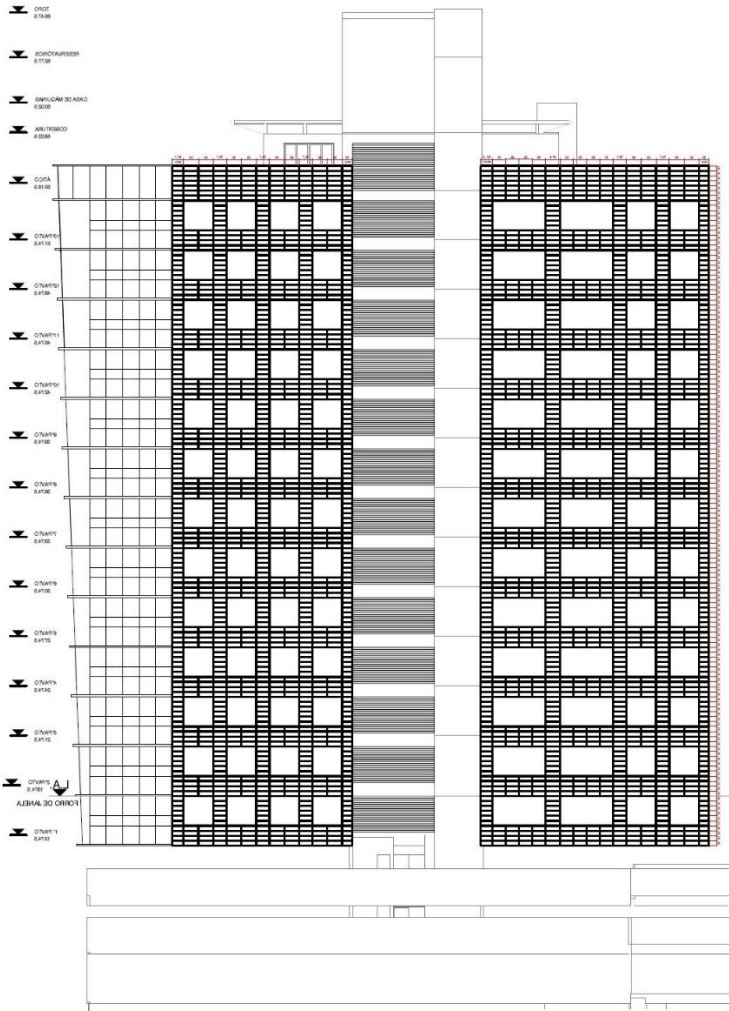
<https://www.lojagail.com.br/assets/pdf/catalogo_keragail_gail_2013.pdf>, acesso em 21/10/2014.

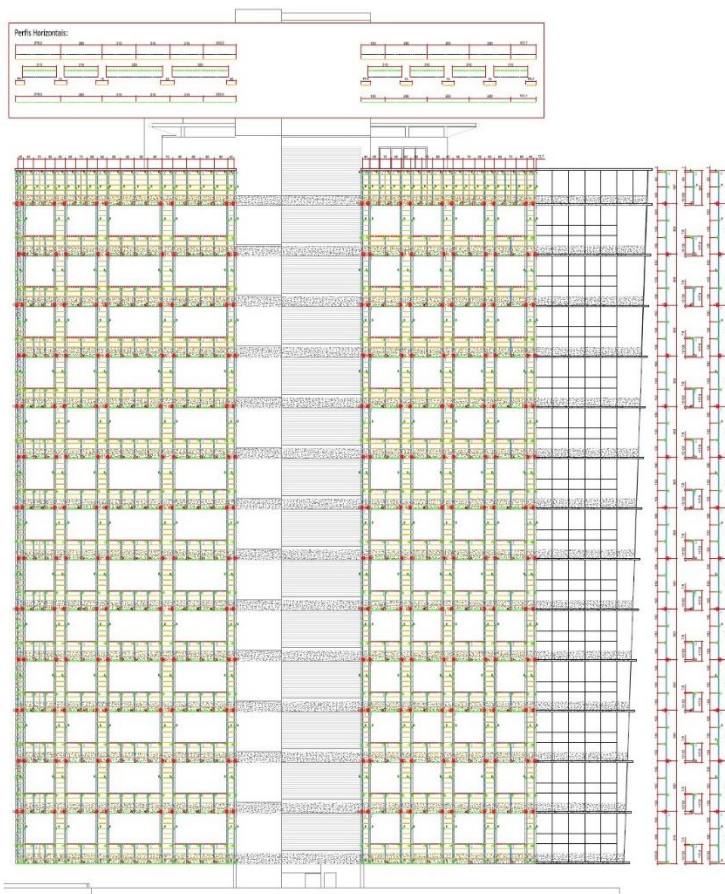
<<http://www.iw8.com.br/imagens/noticias/original/grupo-iw8-06062012101036.jpg>>, acesso em 28/10/2014.

<[http://www.aecweb.com.br/tematico/img_figuras/img-1-508\\$\\$3572.jpg](http://www.aecweb.com.br/tematico/img_figuras/img-1-508$$3572.jpg)>, acesso em 28/10/2014.

<<http://www.tessaro.ind.br/wp-content/uploads/2011/11/Grua01Alta.jpg>>, acesso em 28/10/2014

ANEXO A – EXEMPLO DE PROJETO DE FACHADA VENTILADA





Quantitativo e especificações de elementos de fixação

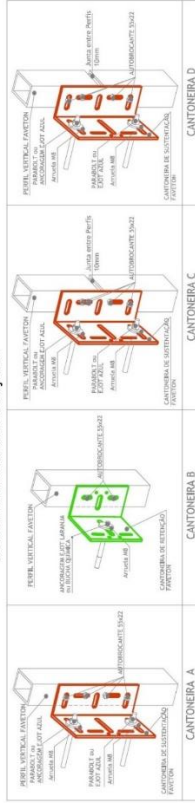
SUBESTRUTURA DE ALUMÍNIO		Cantoneira	
Perfil Faveton Vertical	6000mm	508 uds.	A
1	3.100mm	240	187 uds.
2	3.100mm	20	321 uds.
3	1.180mm	169	49 uds.
4	1.980mm	20	240 uds.
5	2.070mm	18	20 uds.
6	1.080mm	0	529 uds.
			FK. Imanjá/Azul 850 uds.
			FK. Azul/Parabot. 894 uds.
			Autobroc. P.Vert. 3488 uds.
			Autobroc. P.Horz. 4099 uds.

Quantitativo e especificações de revestimento

DIMENSÕES	CANTO 45°	QUANTIDADE
700x300mm	ESQ.	137 uds.
900x300mm	NO	708 uds.
787x300mm	NO	685 uds.
800x300mm	NO	746 uds.
800x300mm	NO	137 uds.
800x300mm	NO	137 uds.

P.C.O. Peças Contadas em Obra	621,44 m ² .	
SUPERFÍCIE DE MONTAGEM	10 mm	
JUNTA HORIZONTAL	3 mm	
JUNTA VERTICAL		

Detalhamento das fixações



CANTONEIRA D

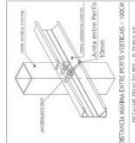
CANTONEIRA C

CANTONEIRA B

CANTONEIRA A



CANTONEIRA E



CANTONEIRA F

